

# Die Fontaine'sche Kammerschleuse für 20 m Gefälle und die geneigten Ebenen für Schiffs- aufzüge von Flamant und Peslin.

Vortrag, gehalten vom k. k. Schifffahrtsgewerbe-Inspektor, Regierungsrath A. Schromm im österr. Ingenieur- und Architekten-Verein.

(Hiezu Tafeln I—VIII.)

Bei dem im August vorigen Jahres in Manchester stattgehabten IV. internationalen Binnenschifffahrts-Congresse, welchem ich als Delegirter des h. k. k. Handelsministeriums beizuwohnen die Ehre hatte, kamen auch einige auf die Anlage vom Schifffahrts-Kanälen bezügliche Gegenstände zur Besprechung, welche soviel des Interessanten, Neuen und Lehrreichen boten, daß ich es für wünschenswerth hielt, mich mit den bezüglichen Referenten in's Einvernehmen zu setzen, um die für eine Berichterstattung erforderlichen näheren Einzelheiten zu erfahren. Ich hielt letzteres für umso wünschenswerther, als die berührten Gegenstände vielleicht berufen erscheinen, den Kreis der Schifffahrtskanal-Freunde auch bei uns zu erweitern, da sie die Richtung andeuten, wie durch Verminderung der Zahl kostspieliger Kunstbauten die Anlage- und Betriebskosten von Schifffahrtskanälen auch in schwierigem Terrain herabgemindert und dadurch deren Bau vom volkswirtschaftlichen Standpunkte gerechtfertigt werden könnte.

Bevor ich aber auf die Sache selbst zu sprechen komme, halte ich mich für verpflichtet, an dieser Stelle den Herren Chef-Ingenieuren Fontaine, Flamant und Peslin meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen für ihre Bereitwilligkeit, mit welcher sie mir das gesammte Materiale zu meiner Berichterstattung zur Verfügung stellten.

## Projekt einer Schleuse für 20 m Gefälle.

Von G. Fontaine, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Das Problem, Schiffe von 300 Tonnen schnell auf eine bedeutende Höhe zu heben, dergestalt, daß der große Zeitverlust welchen Schleusentreppen der Schifffahrt verursachen vermieden werde, wurde in neuester Zeit in vollkommener Weise durch die Konstruktion der hydraulischen Aufzüge in Fontinettes am Canal du Neufossé in Frankreich und in La Louvière am Canal du Centre in Belgien gelöst.\*)

Diese gewiss ausgezeichneten Werke sind jedoch sehr theuer, die einzelnen Manöver mit denselben sind nicht sehr einfach, und es scheint, daß dieselben einer beständigen Sorgfalt und häufiger Reparaturen bedürfen. Ihre Anwendung erscheint daher auf ganz spezielle Fälle begrenzt.

Am Canal du Centre (Frankreich), welcher die Saône mit der Loire verbindet, hatte man früher eine ziemlich große Zahl von Schleusen, welche in einzelnen Treppen konzentriert waren; zwischen diesen Treppen be-

fanden sich kurze Kanalhaltungen. Man projektirte, um diese für die Schifffahrt so lästige Schleusenpassage zu beseitigen, vorerst hydraulische Aufzüge, dann wandte man sich den schiefen Ebenen zu. Schließlich begnügte man sich mit einer einfacheren Lösung, man ließ jede zweite Schleuse auf und gab den übrigen Schleusen das doppelte Gefälle; auf diese Weise ersparte man 13 Schleusen.

Diese neuen Schleusen, welche in den Jahren 1886 bis 1889 eingebaut wurden, haben je 5·20 m Gefälle, eine Höhe, die wahrscheinlich noch auf keinem Kanale überboten wurde. Sie bewähren sich sowohl in Bezug auf das schnelle Durchschleusen, als auch in Bezug auf die dabei auszuführenden leichten Manöver vortrefflich. Die Zeit des Durchschleusens beträgt im Mittel 14 Minuten, also nur um zwei Minuten mehr als bei den benachbarten alten Schleusen von 2·60 m Gefälle. Dieser Vortheil wird von der Schifffahrt rückhaltlos anerkannt.

Angesichts solch' günstiger Resultate liegt wohl die Frage nahe, ob nicht noch eine weitere Erhöhung der Gefälls-Differenz bezw. deren Ueberwindung durch derartige gemauerte Schleusen möglich wäre. Diese Lösung ist zweifellos weniger großartig, als die mechanischen Aufzüge, aber sie ist andererseits auch weniger kostspielig und bietet unbestreitbar eine größere Betriebssicherheit.

Herr Garrie, Ingénieur des ponts et chaussées, hat über das Problem einer Schleuse von 20 m Gefälle schon im Novemberhefte 1879 des „Bulletin de la société des anciens élèves des écoles des arts et métiers“, berichtet; er ließ jedoch die hierbei äußerst wichtige Frage, nämlich die Verminderung des zum Schleusen nothwendigen Wasserquantums ganz ungelöst. Garrie wählte überdies für das untere Schleusenthor und für die projektirten cylindrischen Schützen sehr komplizirte Konstruktionen.

Bei Lösung der Frage: „Schleusen für große Gefälle zu konstruiren“ müssen zwei sehr wichtige Bedingungen erfüllt werden, nämlich:

1. es muss der Verbrauch an Schleusenwasser möglichst herabgemindert werden, und
2. es muss das Durchschleusen der Schiffe sehr schnell erfolgen können, ohne dadurch für das Schiff eine Gefahr hervorzurufen.

Die Idee, gemauerte Schleusen für große Gefälle zu erbauen, hat übrigens bereits greifbare Formen angenommen, denn es wurde das vom Bureau des canaux de Paris dem Conseil général des ponts et chaussées vorgelegte Project einer Schleuse von 9·92 m Gefälle zur Ausführung genehmigt.\*)

\*) Siehe meinen diesbezüglichen Bericht im III. Hefte 1890 unserer Zeitschrift: „Ueber die verschiedenen Methoden zur Fortbewegung der Schiffe auf Kanälen und kanalisirten Flüssen.“

\*) Am Canale St. Denis in Paris bereits in Ausführung begriffen.

Die nutzbare Länge der Schleusenammer für die von Fontaine projektirte 20 m Schleuse, beträgt 38·50 m, die Breite 5·20 m, entsprechend der mit Gesetz vom 5. August 1879 angenommenen Type für die französischen Hauptkanäle. In jeder Seitenmauer der Schleuse, Tafel I, Fig. 2 und Tafel II Fig. 1, ist in der Drempeelhöhe der unteren Kanalhaltung ein der Länge nach geführter Wasserlauf *W* angebracht, welcher auf der einen Seite indirekt in den oberen Schützenschacht (Füllschütze) ausmündet, während das andere Ende mit der unteren Schützenkammer (Entleerungsschütze) in Verbindung steht. Dieser Wasserlauf kommuniziert mit der Schleusenammer mittelst fünf Abzugskanälen *zz* (Tafel I, Fig. 1), welche unter dem Niveau des Bodens des beladenen Schiffes gelegen sind. Behufs Füllung der Schleusenammer hat man einfach die unteren Schützen zu schließen und die oberen zu öffnen; behufs Entleerung der Kammer ist das entgegengesetzte Manöver nöthig.

Ueber dem in jeder Seitenmauer angebrachten Wasserlaufe sind etagenförmig je drei Sammelbassins oder richtiger Wassersparbehälter eingebaut. Der Zweck dieser Behälter ist schon durch deren Bezeichnung angedeutet; sie dienen dazu, um beim Entleeren der Kammer, also beim Durchschleusen der Schiffe das Wasser aufzunehmen, bzw. beim Füllen der Schleuse dasselbe wieder der Kammer zuzuführen.

Jedes dieser Bassins ist mit einer cylindrischen Schütze *S* (Taf. II) ausgerüstet, welche den Abfluss des Wassers zu einem Schachte *S'* gestattet, bzw. absperrt. Jeder dieser Schächte mündet in den bereits erwähnten Wasserlauf *W* ein. Diese cylindrischen Schützen haben eine zweifache Aufgabe zu lösen, nämlich:

1. das Wasser aus der Kammer in das betreffende Bassin eintreten zu lassen, und
2. das Wasser der Bassins wieder in die Kammer zurückzuleiten.

Es ist daher ersichtlich, dass die Schleusenammer mittelst des wiederholt erwähnten Wasserlaufes *W* sowohl mit der oberen Kanalhaltung *Co*, als auch mit der unteren Kanalhaltung *Cu* und mit den drei Wassersparbassins (Sammelbehältern) in Verbindung gebracht ist.

Auf der unteren Seite (also der unteren Kanalhaltung zugekehrt), kurz die Thalseite genannt, ist die Schleusenammer durch eine Mauer *M* (Taf. I und III) abgeschlossen, welcher an ihrer Basis den Durchlass *G* für die Schiffe enthält. Dieser Durchlass ist gewölbt und hat — entsprechend der Vorschrift über die französischen Normaltypen für Hauptkanäle — eine Minimalhöhe von 3·70 m über dem Niveau des 2 m tiefen Wassers der unteren Kanalhaltung, bzw. 2·80 m über dem Drempeel. Vor diese Durchlassöffnung (der Kammer zugekehrt) kommt das Abschlussthör (Taf. I, Fig. 1 und Taf. III, Fig. 8—12).

Diese Ausführungen dürften genügen, um den ganzen Vorgang beim Durchschleusen der Schiffe zu erklären.

Wenn die Schleusenammer und die Sammelbehälter leer sind, so werden behufs Füllung der Kammer die beiden oberen Schützen *VV* (Taf. I, Fig. 2) geöffnet, dagegen die beiden unteren *V'V'*, sowie jene der Sammelbehälter geschlossen. Ist diese Operation ausgeführt, so kann das

thalwärts zu bringende Schiff in die Kammer eintreten, selbstredend bis die Füllung so weit gediehen ist, daß der Wasserspiegel der Kammer mit jenem der oberen Kanalhaltung zusammenfällt.

Nun beginnt das Manöver des Durchschleusens bzw. die Entleerung der Schleusenammer; dies wird nun in der Weise ausgeführt, dass man das Wasser (siehe Taf. II, Fig. 6) der oberen Schichten *A*, *B* und *C* zu je 4 m Höhe in die sechs Sammelbassins eintreten lässt, u. zw.:

die Wasserschichte <i>A</i>	in die Bassins	<i>a</i>	und	<i>a'</i>
" "	<i>B</i>	" "	"	<i>b</i> " <i>b'</i>
" "	<i>C</i>	" "	"	<i>c</i> " <i>c'</i>

Nur das Wasser der beiden untern Schichten *D* und *E* wird, nachdem vorher die Schützen der Sammelbassins geschlossen wurden, abgelassen und mit diesem Wasser geht auch das Schiff durch die früher erwähnte Durchlassöffnung der unteren Abschlussmauer. Für die folgende Schleusung, d. h. wenn ein Schiff von der unteren zur oberen Kanalhaltung gehoben werden soll, ist folgender Vorgang nothwendig.

Man lässt das Schiff durch die Durchlassöffnung eintreten, schließt sodann durch das untere Schleusenthör diese Durchlassöffnung ab und öffnet nun die Schützen der Sammelbassins, u. zw. beginnt man mit den unteren Bassins, geht sodann zu den mittleren und schließlich zu den oberen Bassins über; selbstredend werden die Schützen der symmetrisch gegenüber gelegenen Bassins gleichzeitig geöffnet. Es bleibt dann noch der Raum zum Füllen übrig, welcher den beiden obersten Schichten *A* und *B* entspricht; das hierzu nothwendige Wasserquantum wird der oberen Kanalhaltung oder einem Sammel-Reservoir entnommen.

Wie man sieht, erspart man durch die eben besprochene Anordnung  $\frac{3}{5} = 60\%$  des der ganzen Schleusenammer entsprechenden Wasserquantums; für den vorliegenden Fall, also für die französische Normalschleuse, jedoch für 20 m Gefälle, ist der Wasserverbrauch für eine Schleusung ungefähr 1800 m<sup>3</sup>, also nur um 600 m<sup>3</sup> mehr, als bei den bisher im Gebrauche stehenden gewöhnlichen Schleusen von 2·60 m Gefälle.

Die Schleusenfüllung, bzw. Entleerung erfolgt in 10 Minuten, so dass die Dauer der ganzen Schleusung nur 17—20 Minuten beansprucht. Zum Durchschleusen genügen zwei Mann vollkommen.

Es muss hier besonders hervorgehoben werden, dass der Eintritt des Wassers in die Kammer auf der ganzen Länge dieser letzteren gleichzeitig erfolgt, u. zw. durch die am Fusse der Schleusenammermauern angebrachten Abzugs- bzw. Zufuhrskanäle *zz* (s. Taf. I, Fig. 1). Diese Kanäle sind, wie bereits an anderer Stelle erwähnt, derart situirt, dass sie unter dem Boden des beladenen Schiffes münden. Die Entleerung erfolgt unter ganz gleichen Umständen, woraus hervorgeht, dass das Wasser selbst mit ziemlicher Geschwindigkeit in der Kammer steigen, bzw. fallen kann, ohne irgend welche Wirbel oder sonstige, für das Schiff nachtheilige Bewegungen zu erzeugen.

Dieses Resultat wurde bei den früher erwähnten Schleusen von 5·20 m Gefälle des Kanales du Centre erzielt und gewürdigt, daher auch für das vorliegende Projekt

angenommen. Die Schiffer binden daher auch während des Durchschleusens gar nicht mehr ihre Schiffe fest, was früher (als die Anordnung des gleichzeitigen Wassereintrittes auf der ganzen Länge der Kammer noch nicht bestand) nicht geschehen durfte.

Im Nachfolgenden sollen nun einige Details der verschiedenen Schleusentheile näher beschrieben werden.

**Oberes Schleusenhaupt.** Hier ist der für alle Schleusen des Kanales du Centre ausgeführte Typ der Schleusenköpfe gleichfalls beibehalten. Der Anschluss an die Kanalhaltung erfolgt auf eine Länge von 25 m (siehe Taf. I, Fig. 4) durch eine in das obere Kanalprofil allmähig übergehende kurvenförmige und gepflasterte Böschung, so dass der Eintritt der Schiffe in die Schleuse leicht dirigiert, und jedes Anstoßen derselben hintangehalten werden kann. Das Schleusenbett liegt hier 0.25 m unter dem Drempe somit 2.85 m unter dem Niveau der obren Kanalhaltung, entsprechend einer Wassertiefe von 2 m im Kanale. In jedem Mauerflügel des Hauptes ist eine cylindrische Schütze eingebaut  $VV$  (Taf. I und Taf. II), zu welcher ein Schacht führt; diese Schütze wird Füllschütze genannt. Es ist ferner dafür vorgesorgt, dass, ohne die Schifffahrt unterbrechen zu müssen, die kleine Kammer der Füllschütze durch eine Art Versatzwand, welche in schmalen Nuthen eingesetzt ist, abgeschlossen werden kann, um dieselbe leeren und reparieren zu können. Für gewöhnlich sind in die eben erwähnten Nuthen Drahtgitter eingesetzt, um eventuell im Wasser schwimmende Körper zurückzuhalten und auch um Jemand, der in die offene Schützenöffnung hineinfiele, retten zu können.

Die Fallmauer  $F$  hat eine Höhe von 20.20 m und eine Dicke von 5 m, u. zw. ist die der Schleusenkammer zugekehrte Fläche gewölbt und mit behauenen Steinen verblendet.

Der Schacht der Füllschütze, welcher einen Durchmesser von 1.80 m (siehe Tafel II, Fig. 1) besitzt, geht in jeder Seitenmauer der Schleusenkammer 10.50 m vertikal nach abwärts und steht daselbst durch einen Stollen vom gleichen Durchmesser mit dem vom oberen Sammelbassin herabgehenden Schachte in Verbindung, an welcher letzterem sich wieder ein Stollen anschließt, der in den vom mittlern Sammelbassin herkommenden Schacht einmündet. Auch dieser letztere tritt in den eingangs erwähnten horizontalen Wasserlauf ein, so dass die Füllschützenkammer indirekte auch mit dem, der ganzen Länge der Kammerschleuse nach ziehenden, in jeder Seitenmauer befindlichen Wasserlauf  $WW$  in Verbindung steht.

Dieser Wasserlauf liegt mit seiner Sohle in der Drempehöhe des untern Schleusenhauptes.

**Schleusenkammer** (Taf. II, Fig. 1). Der mehrfach erwähnte Wasserlauf ist ein gemauertes Gewölbe von 1.80 m Breite und 2.80 m Gesamthöhe. Derselbe erstreckt sich in den Seitenmauern der ganzen Länge der Schleusenkammer entlang und kommuniziert mit dieser durch fünf Abzugskanäle  $zz$  (Taf. I), welche halbkreisförmige Gewölbe bilden und in gleichen Abständen von einander liegen.

In der Nähe des untern Schleusenthores hebt sich dieser Wasserlauf, um in die Kammer der Abzugs- (Entleerungs-)

Schütze einzumünden. Diese Kammer  $K$  ist viereckig und gewölbt, u. zw.: 2.70 m Seitenausdehnung bei 3.80 m Höhe bis zum Scheitel des Gewölbes. Diese Kammer kommuniziert andererseits auch mit der eigentlichen Schleusenkammer durch eine gewölbte Oeffnung von 2.10 Breite und 2.50 m Höhe, durch welche man zur Entleerungsschütze gelangen kann, im Falle Reparaturen nothwendig sind. Diese Oeffnung wird gewöhnlich durch Versatzhölzer geschlossen (Taf. II, Fig. 7), um eine den Schiffen schädliche Strömung, welche bei der Entleerung auftreten könnte, zu verhindern. Es ist zu diesem Ende immer nothwendig dass der Wasserabfluss durch die früher angeführten Abzugskanäle  $zz$  stattfinde.

Die Entleerungsschütze öffnet einen Schacht von 1.80 m Durchmesser, welcher direkte in den Abzugs-Wasserlauf  $W_1$  einmündet. Dieser letztere ist selbstredend gewölbt und besitzt 1.80 m Breite bei 1.75 m Höhe, er mündet auf rund 8.90 m unterhalb der Abschlussthores normal zur Schleusenachse aus, u. zw. gerade gegenüber der Ausmündung des Abzugs-Wasserlaufes der anderen Seitenmauer der Schleusenkammer (Taf. I, Fig. 2), um jede Unterwaschung durch das mit großer Geschwindigkeit der unteren Kanalhaltung zuströmende Wasser zu verhindern.

Der Boden der (Entleerungs-) Schützenkammer wird nur um 0.65 m tiefer als das Niveau der unteren Kanalhaltung gelegt, um nicht dem Abzugs-Wasserlauf  $W_1$  die Wirkung eines Syphons zu geben und um ferner die Möglichkeit zu gewinnen, diese Schütze, bezw. Kammer durch eine kleine Senkung des unteren Kanal-Wasserspiegels leicht betreten und befahren zu können.

Die Sehne des Drempebogens (Schleusenbettes) liegt um 2.80 m tiefer als die einem Wasserstande von 2 m in der unteren Kanalhaltung entsprechende Niveaulinie. Auf diese Weise wird dem Zurückfluthen des Wassers unter dem Boden des beladenen Schiffes ein genügend großer Querschnitt gesichert.

Jede Seitenmauer der Schleuse hat an der Basis eine Mächtigkeit vom 13 m und verjüngt sich auf 11 m Dicke ungefähr 1.85 m unterhalb der Schleusenplattform (Taf. II, Fig. 6). Die Stärke in der Höhe dieser Plattform ist nur mit 2.5 m angenommen.

In jeder Seitenmauer sind zwei Rettungstreppe  $RR$  (Taf. II), angebracht und der Einfachheit halber aus Eisenstäben hergestellt, welche in einer Nuth der Mauer- verblendung befestigt sind. Die Oberfläche dieser Schleusenkammerverblendung ist durch vier horizontal laufende Schichten von Quadern unterbrochen (Taf. I, Fig. 1 und Taf. II, Fig. 6), deren obere Kante genau jener Wasserschichte der Schleusenkammer entspricht, welche die betreffenden Sparbassins füllen soll; sie dienen daher dem Schleusenwächter als Wasserstandszeiger bei der Entleerung bezw. Füllung der Schleuse.

Die Sammel-, bezw. Sparbassins sind in den Seitenmauern der Schleuse selbst untergebracht, u. zw. sind dieselben übereinander gebaut (siehe Taf. II) und durch halbkreisförmige Gewölbe nach oben geschlossen.

Das Bett des untersten Bassins liegt 7.00 m über dem Bette der Schleuse selbst.

Nachfolgende Zusammenstellung zeigt die Dimensionen der einzelnen Sammelbassins.

Bezeichnung des Bassins	Länge	Breite der Galerien	Höhe bis zum Scheitel des Gewölbes	Raum in m <sup>3</sup> zum An-sammeln des Schleusen-wassers
Oberes Bassin ..	37.50 m	3.70 m	4.45 m	438 m <sup>3</sup>
Mittleres Bassin.	32.40 m	4.00 m	3.50 m	444 m <sup>3</sup>
Unteres Bassin .	27.90 m	3.90 m	3.90 m	458 m <sup>3</sup>

Man gelangt zu diesen Bassins durch einen, an der unteren Seite der Schleuse in der Seitenmauer angebrachten Einsteigeschacht *EE* (Taf. I und Taf. II), welcher übrigens auch dazu dient, der in den Bassins enthaltenen Luft beim Füllen mit Wasser den Austritt zu gestatten. Dieser Einsteigeschacht hat eine Höhe von 16.40 m, u. zw. gemessen vom Bette des untersten Bassins bis zur Plattform, während die anderen Ausmaße 3.90 m und 3 m betragen. Die Einsteigeöffnung ist mit einem Schutzgeländer umgeben.

Das unterste Bassin kommuniziert frei mit diesem Einsteigeschachte, welcher also eigentlich eine Fortsetzung des genannten Bassins bildet. Die beiden übrigen Bassins jedoch sind durch eiserne Versatzhölzer *vv* (Taf. II) von dem Einsteigeschachte getrennt, welche Hölzer in entsprechende Nuthen eingelegt werden.

Die oberen Versatzhölzer bilden eine Art Wehre, u. zw. bis zu einer Stauhöhe, dass der Fassungsraum dieses Bassins gleich der Hälfte jenes Raumes der eigentlichen Schleusen-kammer sei, von welcher es das Wasser sammeln soll.

Im Falle als in das unterste Bassins zu viel Wasser eingelassen wurde, so ist dafür Sorge getragen, dass das Plus an Wasser durch einen gewölbten Wasserlauf von 3.90 m Breite und 2.95 m Höhe (bis zum Scheitel des Gewölbes) ablaufen kann; dieser Wasserlauf beginnt in dem Einsteigeschacht (siehe Taf. II) und steht mittelst eines Schachtes von 1.80 m Durchmesser mit dem Abzugskanale der Entleerungsschütze in Verbindung.

Die Sohle dieses gewölbten Wasserlaufes ist um 0.20 m niedriger gehalten, als das Niveau des zulässigen Maximalwasserspiegels im untersten Bassin.

Durch hölzerne Querriegel *q*, welche die Rolle eines Stauwehres spielen, kann man den Wasserspiegel dieses untersten Bassins in beliebiger Höhe halten.

Das Ueberfallwasser des obersten und mittleren Bassins fällt, wie aus der Zeichnung leicht ersichtlich ist, einfach in den Einsteigeschacht *EE*.

Wie bereits erwähnt wurde, kommuniziert jedes Bassin mit dem, der ganzen Länge der Seitenmauer hinziehenden Wasserlaufe *WW* mittelst Vertikal-Schächten von 1.80 m Durchmesser, welche durch cylindrische Schützen abgeschlossen sind.

Die zulässige größte Höhe des Sammelwasser darf in den einzelnen Bassins betragen, u. zw.:

im oberen Bassin . . . .	2.40 m
im mittleren Bassin . . . .	2.80 m
im unteren Bassin . . . .	3.60 m

aber die Sohlen der eben erwähnten Schützen liegen für alle drei Bassins in gleicher Höhe unter dem betreffenden Wasserspiegel, nämlich 3.80 m (siehe Taf. II). Der Zweck dieser Einrichtung ist, behufs schneller Entleerung für alle drei Bassins den gleichen Wasserdruck herzustellen.

Ueber jeder Schütze ist im Gewölbe eine Oeffnung von 0.30 m angebracht, durch welche eine eiserne bis zur Kammerplattform reichende Röhre hindurchgeht, die wieder das Gestänge zum Manövrieren der Schütze aufnimmt. Um die Trockenlegung der Sammelbassins zu ermöglichen, erhalten deren Sohlen einen zur Schütze gerichteten leichten Fall.

Um die Bewegungen des Wassers in den Bassins, in den Schächten und Wasserläufen zu erleichtern, sollen die ganzen, aus behauenen Bruchsteinen gebildeten Flächen mit einer 3 cm starken Cementschichte überzogen werden.

In manchen Fällen dürfte es möglich sein, wenn es die Terrainverhältnisse gestatten, die Sammel-, bzw. Sparbassins in Gestalt von einfachen Gruben, sei es nun im Einschnitte, sei es in der Aufschüttung, an den Seiten der Schleuse anzubringen, so dass die Mauern der Schleuse nur mehr die Füllungs- und Entleerungsschützen aufzunehmen hätten. Auf diese Weise können die Baukosten derartiger Schleusen bedeutend herabgemindert werden.

Schleusen-Unterhaupt (Taf. I, Fig. 3). Die Mauer, welche die Kammer nach unten zu abschließt, wird in der Achse der Schleuse durch ein 12.90 m langes Gewölbe *G* getragen, unter welchem die Schiffe passiren.

Dieses Gewölbe ist derartig dimensionirt, dass den Schiffen eine freie Höhe von 3.7 m bis zum Gewölbsanlauf zur Verfügung steht. Die Wassertiefe beträgt in der Ausdehnung dieses Gewölbes 2.80 m entsprechend einer Wassertiefe von 2 m in der unteren Kanalhaltung.

Diese Durchgangsöffnung hat (siehe Taf. I, Fig. 2) an ihrer der Kammer zugekehrten Seite, und zwar auf eine Länge von 2 m die gleiche lichte Weite wie die Schleusen-kammer selbst, also 5.20 m; von da aus erweitert sich die Durchgangsöffnung nach und nach und erreicht auf der, der unteren Kanalhaltung zurückgekehrten Seite 7 m; der Grund liegt darin, um den eintretenden Schiffen den Zugang zur Kammer zu erleichtern.

Die Böschungen und die Sohle dieses Zuganges sind bis auf 35 m thalwärts gepflastert.

In der Höhe von 3.60 m über dem Gewölbsanlauf dieser Durchgangsöffnung, vermindert sich die Dicke der Kammer-Abschlussmauer von 12.90 m auf 8.90 m (Taf. III) um behufs Uebersetzung des Kanales einer Straße von 4 m Breite Platz zu machen. Diese Straße wird beiderseitig durch Sockelplatten begrenzt und trägt der thalwärts gelegene Sockel ein eisernes Geländer zum Schutze der den Uebergang benützenden Personen.

Zwischen dem Niveau dieses Ueberganges und der Schleusenplattform, nämlich auf eine Höhe von 13.30 m ist die Abschlussmauer nach der der Schleusen-kammer zugekehrten Fläche, also nach aufwärts zu vertikal, während nach abwärts zu diese Mauer kurvenförmig begrenzt wird. Auf dem Scheitel ist die Mauer 3 m dick und wird durch eine bis zu den Uferböschungen reichende Parapetmauer von 0.90 m gekrönt. Auf beiden Seiten der



nach abwärts gelegenen Durchgangsöffnung ist ein 1.25 m breiter Weg, zu dem auf jeder Kanalseite eine Stiege *st st* führt, angebracht; dieser Weg dient dazu, damit das Schiffspersonale vor den Eingang in die Schleuse noch zu den Schiffen gelangen kann.

In den Ecksteinen dieses Weges (Taf. I, Fig. 2) sind Nuthen *nn* angebracht, um Holzpfeile einschieben zu können, wodurch die Möglichkeit geboten ist, die Schleusen-kammer von der unteren Kanalhaltung abzuschließen.

Die Schleusenplattform ist mit den auf beiden Seiten angelegten Treppelwegen von 4 m bzw. 3 m Breite (siehe Taf. I, Fig. 4) durch in die Böschungen gelegten Stiegen verbunden; überdies verbindet ein 4 m breiter Weg, der eine Steigung von 0.10 m pro Meter hat, die Treppelwege beider Kanalhaltungen.

Cylindrische Schützen (Taf. III, Fig. 13–17). Die zwei oberen und zwei unteren Schützen, welche die Schleusen-kammer einerseits mit der oberen, andererseits mit der unteren Canalhaltung in Verbindung setzen, sind cylindrische Schützen vom gleichen Typus, wie solche am Kanal du Centre angewendet werden und sich daselbst vortrefflich bewähren.

Jede solche cylindrische Schütze besitzt zwei Theile, nämlich einen festen und einen beweglichen. Der feste Theil ist aus Gusseisen und besteht zunächst aus einer cylindrischen Bodenplatte (Sitzfläche) von 1.70 m innerem Durchmesser (Taf. III, Fig. 13), welche in das Mauerwerk versenkt und befestigt ist. Diese Sitzplatte trägt drei vertikal stehende Rippen *nn* (Fig. 16 und 17), welche durch einen oben aufgesetzten Flachring *ff* verbunden sind; dazu kommt noch ein hohler Cylinder *ce*, welcher auf dem oben erwähnten Flachring befestigt ist und den Zweck hat, die Schütze aufzunehmen, wenn sie gehoben, d. h. geöffnet ist, endlich aus einem gusseisernen gewölbten Deckel *dd*, der mit dem Cylinder *ce* mittelst Flanschen und Bolzen verbunden ist; dieser Deckel besitzt an seiner höchsten Stelle eine röhrenförmige Fortsetzung, welche bis auf die Plattform der Schleuse hinaufreicht und das Manövergestänge aufzunehmen hat, überdies auch der Luft den Austritt gestattet.

Die Eingangs erwähnte Sitzfläche muss vollkommen horizontal hergerichtet sein und dienen zum Zwecke des genauen Einstellens die Stellschrauben *bb* Fig. 16.

Der bewegliche Theil, also die eigentliche Schütze, besteht aus einem Cylinder von 0.50 m Höhe und 1.70 m innerem Durchmesser (Fig. 13); der Cylinder selbst ist aus 4 mm starkem Eisenblech hergestellt, dessen oberer Rand mit einer gusseisernen, faconnirten Krone, dessen unterer Rand mit einem Winkeleisen vernietet ist. (Siehe Detail Fig. 17.) Dieser Blechcylinder erhält durch ein, in der Mitte seiner Höhe angenietetes herumlaufendes T-Eisen eine Verstärkung.

Das erwähnte am unteren Rande angenietete Winkeleisen hat, den drei Rippen *nn* entsprechend, Einschnitte, um auf diese Weise bei der Auf- und Abwärtsbewegung der Schütze eine solide Führung zu gewinnen. Selbstverständlich ist dadurch jede drehende Bewegung des Cylinders um die Manöverstange ausgeschlossen.

Die Hebung der Schütze geschieht mittelst einer auf der oberen Plattform stehenden Winde; die Schütze gleitet in dem fixen Theile hinauf oder herab und gestattet, bezw. verhindert den Zutritt des Wassers. Die vertikale Pressung des Wassers wird durch den Deckel *dd* aufgenommen; der bewegliche Theil der Schütze ist nur seitlichen Pressungen ausgesetzt, welche sich gegenseitig ausgleichen. Man hat daher nur das Eigengewicht der Schütze (etwa 550 kg) zu heben; die Hubhöhe beträgt nur 0.45 m und die Dauer dieses Manövers beträgt 21–22 Secunden, daher die aufzuwendende Kraft 5 kg.

Die geschlossene Schütze (Fig. 13 und Fig. 17) ruht auf einer kreisförmig in die Bodenplatte eingelassenen Kautschukwulst *kk*, während der wasserdichte Abschluss am oberen Cylinderrande durch ringförmige Lederstreifen *ll* erzielt wird, welche durch den Wasserdruck an die betreffenden Flächen angepresst werden.

Die cylindrische Schütze bietet drei bedeutende Vortheile gegenüber anderen gewöhnlichen Abschlussschiebern, nämlich:

1. Bei der Bewegung ist einzig und allein das Eigengewicht der Schütze und die Reibung des Wassers auf dem Eisen zu überwinden, da die Wasserpressungen aufgehoben werden;
2. die ganze Fläche der kreisförmigen Oeffnung vom Radius  $r$  wird schon ausgenützt, wenn die Schütze selbst nur um eine Höhe  $h = 0.5 r$  bewegt wird;
3. die Belastung der Schütze ist stärker als bei einem vertikal gestellten Schieber von gleicher Fläche, also deren Abschluss ein bedeutend dichter.

Fig. a.

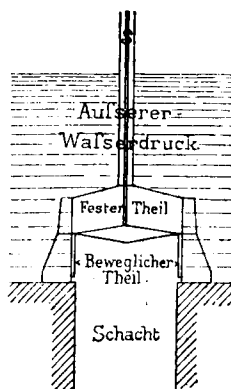
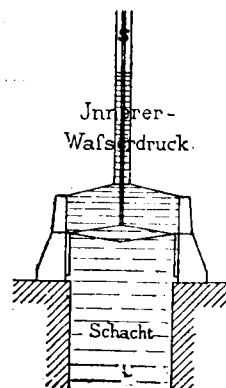


Fig. b.

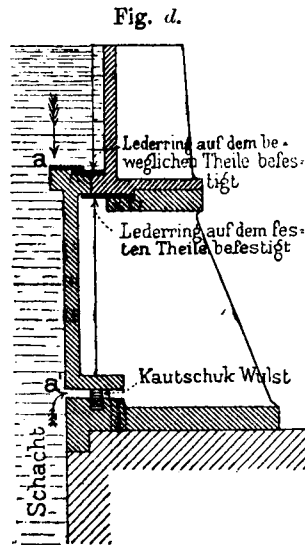
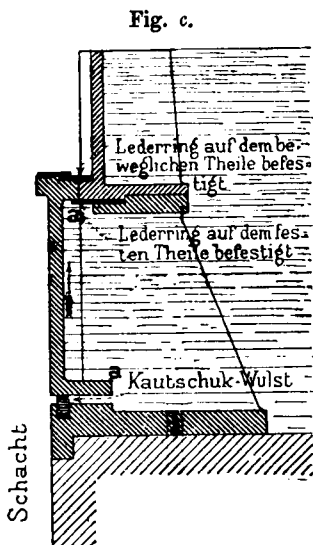


Die gleichfalls cylindrischen Schützen der Sammelbassins müssen unter Druck in doppelter Weise wirken, nämlich einmal (beim Abwärtschleusen der Schiffe) das Wasser von der Schleusen-kammer in die Sparbassins und dann umgekehrt (beim Aufwärtschleusen der Schiffe) von diesen Bassins in die Kammer wieder zurückzuleiten.

Sie sind ähnlich konstruirt wie jene für die Füllung und Entleerung der Kammerschleuse; um aber den wasserdichten Abschluss herzustellen, wenn der Wasserdruck von innen wirkt (siehe nebenstehende Fig. b), ist man gezwungen, über dem Oberrande des beweglichen Theiles (Cylinders) ein ringförmiges Lederband zu geben, welches im entgegengesetzten Sinne wie das unterhalb befindliche, auf dem festen Theile sitzende Lederband, wirkt.

Ueberdies muss man, um den nach oben wirkenden Druck des Wassers auf die Schütze, bezw. Deckel der Schütze aufzuheben, (wenn also die Schleusenkammer voll und die Bassins leer sind) durch einen eisernen Rahmen, welcher durch Traversen und Zugstangen gebildet wird, jede Bewegung des Deckels, also der ganzen Schütze im vertikalen Sinne hindern. Dieser Rahmen liegt somit nur im Bassin und sind die einzelnen Theile mit den Rippen des Deckels verbolzt. Die Enden der genannten Traversen sind in den Längsmauern der Bassins eingelassen und gut befestigt.

Es ist besonders hervorzuheben, dass die Lage des in der Bodenplatte eingelassenen Kautschukwulstes wechselt, je nach der Art und Weise, wie die betreffende Schütze zu wirken hat. Für die einfach wirkenden Schützen, bei welchen der Wasserdruck nur von Außen wirkt (siehe Fig. c im Texte) — dies ist bei gewöhnlichen Schützen der Fall — muss die Kautschukwulst so nahe als möglich am Innenrande der Boden(Sitz)platte angebracht sein, weil auf diese Weise jede Pressung auf die untere Flantsche  $a$  aufgehoben und gleichzeitig auf die obere Flantsche  $a_1$  ein



Druck nach aufwärts, mit der Tendenz die Schütze zu heben, hervorgerufen wird. Wenn die Schütze beständig unter innerem Drucke zu arbeiten hat, müsste man die Kautschukwulst derart vom Rande der Boden(Sitz)platte entfernt anbringen, dass die Pressung, welche auf die obere Flantsche  $a$  ausgeübt wird (Fig. d des Textes), durch die auf die untere Flantsche  $a_1$  nach aufwärts gerichtete Pressung im Gleichgewichte erhalten wird. Bei den für die Sammelbassins bestimmten doppelwirkenden Schützen kann man die Kautschukwulst nicht derartig placiren, dass die Pressungen, welche bald von Außen, bald von Innen auf die Wände der Schütze wirken, durch einen entgegengesetzt wirkenden Druck genau aufgehoben werden. Man ordnet in diesem Falle die Wulst dergestalt an, dass die nicht aufgehobene Pressung in beiden Fällen die gleiche sei, also gleichgiltig, ob der Druck von außen oder von innen zur Geltung kommt.

Diese nicht aufgehobene Pressung beträgt (im vorliegenden Projekte) zu Beginn 190 kg. Nimmt man das Schützensgewicht mit 550 kg an, so ist der gesammte im Momente des Oeffnens zu überwindende Druck 190 +

550 = 740 kg, somit ist bei 100facher Uebersetzung an der Winde ein Anfangsdruck von 7.4 kg nothwendig. Die Dauer der Hebung beträgt etwa 21—22 Sekunden.

**Schleusenthore.** Die oberen Schleusenthore unterscheiden sich in gar keiner Weise von den zweiflügeligen Stemmthoren der gewöhnlichen Schleusen. Diese Thore sind aus Eisenblech, welches behufs besserer Konservirung zu galvanisiren ist, konstruirt. Es liegt daher kein Anlass vor, eine nähere Beschreibung davon zu geben, da derartige Konstruktionen zur Genüge bekannt sind.

Die Anwendung cylindrischer Schützen von bedeutender Leistungs-, d. h. Durchflussfähigkeit ermöglicht es, die Schleusenthore ohne jedwede Durchlassöffnungen auszuführen. Dies ist ein nicht zu unterschätzender Vortheil in Beziehung auf Einfachheit der Konstruktion, des wasserdichten Abschlusses und der Instandhaltung dieser Thore.

Das untere Schleusenthor (Taf. III) ist einfach eine rechteckige Fachwand von ungefähr 6 m Breite und 8 m Höhe. Zum Abbschließen, bezw. Oeffnen, der Durchlassöffnung  $G$  wird dieses Thor in vertikalem Sinne bewegt, nachdem bei Schleusen mit Sparbassins eine Längsverschiebung desselben nicht ausführbar ist. Man gibt der, der Mauer zugekehrten Fläche dieses Thores eine Schräge wodurch ein besserer Anschluss an die Mauer erfolgt. Wie aus der Konstruktion (Fig. 11) deutlich ersichtlich ist, sind die Zwischenwände, welche das Gerippe bilden, unten niedriger als oben; die gesammte Differenz in der Höhe der Konstruktion unten und oben beträgt nur 13 cm. Zur Herstellung des Rahmens ist die Form von Doppel-T-Trägern gewählt worden.

Die Berechnung ergibt, dass die untere Traverse des Rahmens im vorliegenden Projekte mit 60.600 kg auf Biegung beansprucht wird, somit eine Beanspruchung des Eisens von 4.6 kg pro Quadrat-Millimeter, während dieselbe bei der oberen Rahmentraverse nur 4.5 kg beträgt. Die Anwendung von ebenen Flächen ohne Zwischenunterstützung, erscheint mit Rücksicht auf die bedeutenden Wasserpressungen nicht zulässig; man käme, bei einer Entfernung der Zwischenwände von 1.40 m im Mittel, auf Blechstärken von 20 mm für die Außenhaut. Selbst bei Verwendung von Wellblechen müsste man noch immer auf Stärken von 12 bis 15 mm greifen. Man bildete daher die Wand aus nebeneinander liegenden offenen, halben Cylindern, welche durch Zwischenwände und mit den beiden Rahmen des Thores, durch Bleche verbunden sind. Auf diese Weise ist man in der Lage, mit Blechstärken von 4 mm auszulangen.

Die Bewegung dieses Thores ist durch eine äußerst einfache und kräftige Vorrichtung sichergestellt (Taf. III, Fig. 1—4). Das Thor wird nämlich an zwei Ketten aufgehängt, welche Ketten über entsprechende Laufrollen  $Q$   $Q_1$  am Scheitel der Abschlussmauer (Fig. 1) führen und am anderen Ende einen aus Eisen hergestellten Behälter  $B$  (Fig. 2, 3 und 4) tragen, welcher, mit Wasser gefüllt als Gegengewicht des Thores bei der Auf- und Abbewegung desselben dient. Dieser Behälter ruht mit seiner, der gekrümmten Mauerfläche zugekehrten Seite auf vier Rädern. Die oben genannten Laufrollen, und zwar jene, welche an der Innenseite der Abschlussmauer liegen, sind

voneinander ganz unabhängig (Fig. 5 und 7), während jene an der Außenseite gelegenen Rollen auf einer gemeinschaftlichen Achse sitzen (Fig. 6). Dadurch wird eine gleichmäßige Bewegung des Thores erzielt. Die gemeinschaftliche Rollennachse ist mit einer Bandbremse ausgerüstet, deren Hebel in der Höhe des Parapetes *P* von der Plattform aus erreichbar ist.

An der gleichen Stelle befindet sich auch ein Hebel, mittelst welchem von der oberen Kanalhaltung her Wasser in den Wasserbehälter eingelassen werden kann. Dieser Behälter ist im Inneren in drei Abtheilungen getheilt, wovon die beiden nach Außen zu gelegenen mit Bruchstein belastet sind, welches Gewicht so bemessen ist, dass dem Thore in seiner untersten Lage Gleichgewicht gehalten wird; die mittlere Abtheilung kann 1000—1500 *kg* Wasser aufnehmen, welches Gewicht hinreichend ist, das Thor sofort in Bewegung zu setzen, sobald die oben erwähnte Bremse gelüftet wird.

Mit diesem Gewichte dauert die ganze Aufwärtsbewegung etwa 40 Sekunden. Um die entgegengesetzte Bewegung zu erzielen, d. h. um das Thor wieder in seine untere Lage zu bringen, genügt es, die Lüftung der Bremse selbstredend vorausgesetzt, das Wasser aus dem Behälter austreten zu lassen. Dies geschieht mittelst eines Kettchens, welches ein Ventil auf dem Boden des Behälters öffnet; dieses Kettchen reicht zum Parapet hinauf, woselbst der Schleusenwächter seinen Standplatz hat.

**Seil-Schiffszug.** Die durchzuschleusenden Schiffe haben nicht nur die enge Schleusenkammer von rund 40 *m*, sondern auch die untere Durchlassöffnung *G* von rund 13 *m* Länge zu passiren, welche Passage, mittelst Menschenkraft ausgeführt sehr schwierig und zeitraubend wäre. Man muss daher auf mechanische Vorrichtungen Bedacht nehmen, welche diese Unzukömmlichkeiten beseitigen. Diese Aufgabe löst am besten ein Seilzug, welcher durch eine von der oberen Kanalhaltung betriebene Turbine bewegt werden kann. Diese Turbine wäre in der unteren Abschlussmauer einzubauen, und zwar müsste dieselbe einen Wasserzufuhrkanal von etwa 0.80 *m* Durchmesser erhalten, welcher einerseits mit der oberen Kanalhaltung, andererseits mit der unteren in Verbindung steht. Auf diese Weise könnten eine Kraft von rund 10 Pferdekräften gewonnen werden. Auf die Achse dieser Turbine wäre dann eine doppelte Seilrolle (Flaschenzug) aufzusetzen, über welche ein Drahtseil ohne Ende gelegt wird. Dieses Kabel müsste auf beiden Seiten der Schleusenkammer geführt werden, und zwar theils im Niveau der oberen, theils in jenem der unteren Kanalhaltung. In diesem letzteren Niveau muss dann das Kabel auf beiden Seiten der Durchlassöffnung und noch an beiden Flügelmauern des Unterhauptes entlang geführt werden.

Das Kabel muss selbstredend quer durch die Schleusenkammer, rund 3.70 *m* über dem Niveau der unteren Kanalhaltung an der Abschlussmauer geleitet werden. Man muss dasselbe in Nuthen einlegen, welche in den Mauerwerke, wo das Kabel läuft, angebracht werden. Behufs Ein- bzw. Austrittes des Schiffes wird man einfach ein kurzes Tau vom Schiffe aus an das Kabel befestigen und sodann die erwähnte Turbine langsam in Bewegung setzen.

**Dauer der Schleusung.** Wie die nachstehende Berechnung zeigt, braucht man zum Füllen der Schleusenkammer 6' 26'', nämlich:

Entleerung der unteren Bassins in die Kammer . . .	52''
„ „ mittleren „ „ „ „ „ . . .	44''
„ „ oberen „ „ „ „ „ . . .	52''
Vollfüllung durch die oberen Schützen . . .	238''
in Summe . . .	386''

= 6' 26''.

Die Entleerung der Schleusenkammer findet unter den gleichen Verhältnissen in 5' 54'' statt.

Diese Ziffern sind durch zahlreiche Versuche bei den Schleusen des Kanals du Centre, welche eine Fallhöhe von 5.20 *m* besitzen, ermittelt. Man kann daher gestützt auf diese Erfahrungs-Resultate die Dauer der Schleusung folgendermaßen zusammenstellen:

a) Herbeiführen und Eintritt des Schiffes . . .	3' —
b) Schließen der Thore . . . . .	—' 40''
c) Füllung der Schleusenkammer . . . . .	6' 26''
d) Oeffnen der Thore . . . . .	—' 40''
e) Austritt und Ausweichen des Schiffes . . .	3' —
Zusammen . . .	13' 46''

Die Ziffern der Posten *a*) und *e*) sind natürlich nur unter Zuhilfenahme des mechanischen Seilzuges erreichbar.

Bezüglich der Füllung und Entleerung der Schleusenkammer muss bemerkt werden, dass es nicht vortheilhaft erscheint, bei diesen Operationen große Geschwindigkeiten Platz greifen zu lassen, um weder in der oberen, noch in der unteren Kanalhaltung nachtheilige Bewegungen des Wassers zu erzeugen.

Man wird gut thun, die Dauer der Schleusenfüllung von 6' 26'' auf 9' 40'' zu erhöhen, also um die Hälfte zu verlängern, so dass die Gesamtdauer einer Durchschleusung mit 17' angenommen werden kann. Um allen Zufälligkeiten beim Durchlaufen noch Rechnung zu tragen, geben wir noch weitere 3' für diverse Zeitverluste hinzu (was immerhin übertrieben erscheint), so dass man unter allen Umständen mit 20' für das Durchschleusen das Auslangen finden muss. Es können daher pro Stunde 3 Schiffe, somit in 24 Stunden 72 Schiffe leicht durchgeschleust werden. Diese Leistungsfähigkeit ist allerdings kleiner als jene der hydraulischen Aufzüge (Fontinettes, La Louvière, Anderton) mit 72 Schiffen in je 12 Stunden, aber gewiss ist sie für viele Fälle darnach angethan, dem Bedürfnisse vollauf Rechnung tragen zu können.

Die mittleren Geschwindigkeiten mit denen zu schleusende Schiffe während des Füllens der Schleusenkammer in den 4 Stadien aufwärtssteigen, sind aus nachfolgender Zusammenstellung zu entnehmen.

Die Geschwindigkeit des Aufsteigens wechselt zwischen 0.052 *m* und 0.036 *m*, Zahlen, die nach den auf dem Kanale du Centre gemachten Erfahrungen keineswegs als übertrieben oder außergewöhnlich angesehen werden können.

Bei den Schleusen dieses Canales, welche 5.20 *m* Gefälle besitzen, beträgt diese Geschwindigkeit 0.027 *m*; die Erfahrung zeigt, dass dabei keinerlei Wasserwirbel auftreten, dass die ganze Bewegung mit solcher Regelmäßigkeit und Ruhe erfolgt, dass die Schiffer es gar nicht für noth-

	Höhe der Hebung	Dauer	Mittlere Geschwindigkeit der Hebung per Sekunde	Bemerkungen
1. Schichte der Kammer, welche durch die unteren Bassins gefüllt wird.	4 m	1' 50"	0.036 m	{ Man setzt voraus, dass die Schützen nicht ganz geöffnet sind.
2. " " " " " " mittleren " " "	4 m	1' 50"	0.036 m	
3. " " " " " " oberen " " "	4 m	1' 50"	0.036 m	
4. " " " " " " Schützen der oberen Kanalhaltung gefüllt wird . . . . .	8 m	4' 10"	0.032 m	{ Wenn die Schützen ganz geöffnet werden, würde die Füllung in ca. 7' erfolgen, wobei eine mittlere Geschwindigkeit von 0.047 m erzeugt würde.
Summe . . . . .	20 m	9' 40"		

wendig erachten, ihre Schiffe während des Durchlaufens irgendwie zu befestigen. Es erscheint daher der Schluss, dass diese Geschwindigkeit sehr mäßig ist, vollkommen gerechtfertigt, bezw. der Wunsch, diese Geschwindigkeit zu erhöhen, auch begründet ist.

Wir sind ferner der Ansicht, dass die Einleitung des Wassers in die Kammer in horizontalem Sinne und dies gleichzeitig auf die ganze Länge der Kammer, u. zw. von beiden Seiten, große Vortheile mit sich bringt, denn sobald man zwischen dem Niveau des ankommenden Füllwassers und dem Schiffsboden eine Wasserschichte von 1—2 m hat, kann man ohne Gefahr die Geschwindigkeit des weiter zuströmenden Wassers steigern.

Wasserverbrauch. Der Rauminhalt der Schleusen-  
senkammer beträgt . . . . . 4452 m<sup>3</sup>  
der Rauminhalt der 6 Sparbassins entspricht einem  
Wassersparnis von . . . . . 2680 m<sup>3</sup>  
somit ist der Bedarf für eine Schleusung . . . . . 1772 m<sup>3</sup>  
oder in runder Ziffer 1800 m<sup>3</sup>.

Dieser Wasserverbrauch ist zweifellos bedeutend, aber in vielen Fällen praktisch erreichbar. Nehmen wir an, dass 10 Schiffe nach aufwärts und selbstredend auch 10 Schiffe nach abwärts geschleust werden, so beträgt der Wasserverbrauch für diese 20 Schiffe 18.000 m<sup>3</sup>. Dies ist beiläufig jene Wassermenge, welche täglich zur Speisung der Scheitelhaltung des Verbindungskanals der Saône mit dem Kanale de Bourgogne nothwendig ist, um die diversen Wasserverluste zu decken.

Selbstverständlich muss die Kanalhaltung, bei welcher solche Schleusen von 20 m Gefälle verwendet werden, eine genügend große Fläche erhalten, damit durch die Wasserentnahme bei der Durchschleusung keine größere Wasserspiegelsenkung als 0.10 m eintritt. Eine jede solche Kanalhaltung muss daher mindestens 800 m Länge und 23 m Breite (in der Wasserspiegelhöhe) erhalten.

Diese Ziffern beziehen sich natürlich auf die Normal-Dimensionierung der französischen Hauptkanäle.

Ist die angegebene Länge der Kanalhaltung nicht zu erreichen, so müssen kleine Sammelreservoirs der Länge der Kanalhaltung nach angelegt werden, aus denen das Wasser der Haltung zugeführt wird.

Kostenvoranschlag. Die Herstellungskosten der in Rede stehenden Schleuse setzen sich aus nachfolgenden Posten zusammen:

Erd- und Mauerarbeiten . . . . .	Frcs. 746.554
Sämmtliche Eisentheile . . . . .	" 50.725
Wächterhaus und Holzarbeit . . . . .	" 14.560
Regiespesen (Auspumpen, Ueberwachung der Arbeiten), unvorhergesehene Arbeiten . . . . .	" 88.160
<b>Totalsumme</b>	<b>Frcs. 900.000</b>

In dem Betrage von 746.554 Frcs. für Erd- und Mauerarbeiten entfällt auf Erstere der Betrag von Frcs. 67.400, somit für Letztere 679.154 Frcs. Die Anschläge der einzelnen Posten sind reichlich zu nennen; als Grundlage hierfür dienen die thatsächlichen Auslagen bei dem Baue der verschiedenen neuen Schleusen des Kanals du Centre. Es unterliegt keinem Zweifel, dass im Falle der Ausführung der projektirten Schleusen ein Nachlass von 100.000 Frcs. zu erreichen ist. Die Kosten pro Meter Gefälle stellen sich somit im Maximum auf  $900.000 : 20 = 45.000$  Frcs., rund 20.000 fl. ö. W.

Bei dem hydraulischen Aufzuge von Fontinettes (Frankreich), dessen Herstellung bei einer Gefällsüberwindung von 13.13 m 1.870.000 Frcs. kostete, stellen sich die Kosten pro Meter Gefällsüberwindung auf  $1.870.000 : 13.13 = 142.422$  Frcs. Nehmen wir Rücksicht auf die außergewöhnliche Höhe der Herstellungskosten dieses Aufzuges \*) und berücksichtigen wir, dass gegenwärtig ein ganz gleicher Aufzug um 1.100.000 Frcs. erbaut werden könnte, so käme noch immer der Preis pro Meter Gefällsüberwindung auf  $\frac{1.100.000}{13.13} = 83.777$  Frcs., also fast noch einmal so hoch, als bei der projektirten Schleuse!

Ja selbst bei dem in La Louvière (Belgien) relativ billig erbauten hydraulischen Aufzug, der ein Gefälle von 15.40 m überschreitet und 1.500.000 Frcs. kostete, betragen die Anlagekosten pro Meter Gefälle  $1.500.000 : 15.40 = 97.400$  Frcs., somit auch mehr als das Doppelte, als bei der in Rede stehenden Schleuse.

Der Schleusendienst erfordert nur zwei Mann; die Reparaturen sind nach den bisherigen Erfahrungen unbedeutend und die Instandhaltung nicht kostspielig.

\*) Näheres hierüber in meinem Berichte über den internationalen Kongress in Paris 1889 „zur Ausnützung der fließenden Gewässer“, erschienen im III. Hefte 1890 der „Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“.

Schlussfolgerungen. Aus dem vorher Gesagten erscheint der Schluss wohl gerechtfertigt, dass mit solchen gemauerten Schleusen ebenso große Gefälls-Differenzen überwunden werden können, wie mit hydraulischen Schiffs-aufzügen, dass diese Schleusen, bezüglich Betriebs-sicherheit dem Aufzuge unbedingt vorzuziehen sind, dass deren Dauerhaftigkeit eine bedeutend größere ist, dass die Herstellungskosten pro Meter Gefällsüberwindung nicht einmal die Hälfte jener der Aufzüge betragen und dass endlich auch deren Betriebs- und Instandhaltungskosten in gleichem Maße geringere sind. Die Leistungsfähigkeit dieser Schleusen dürfte für die Bedürfnisse der wichtigsten Kanäle ausreichend sein. Der einzige Nachtheil, der solchen Schleusen eventuell noch anhaftet, ist der relativ noch immer bedeutende Wasserverbrauch. Immerhin dürften in der Nähe solcher Schleusen Zuflüsse ausfindig gemacht werden und sollte dies nicht der Fall sein, so berechtigen die früher erwähnten vielen und wichtigen Vortheile gewiss zur eventuellen Anlage eines Speise-Reservoirs, um den Bedarf an Schleusenwasser zu decken.

Das vorstehend beschriebene Schleusenprojekt ist von dem Ingénieur en chef G. Fontaine und dessen Mitarbeitern, den Ingenieuren Galliot und Morailon unterzeichnet.

Nehmen wir die Nutzanwendung solcher Schleusen auf das uns nahe liegende Projekt des Donau-Oder-Kanals, so könnte man beispielsweise die Wasserscheide zwischen der Beczwa und Oder, welche gegenwärtig mit 10 Schleusen à 3.50m im Aufstiege und mit 16 Schleusen à 3.50m im Abstiege projektirt ist, mit 2, bzw. 3 Fontaine'schen Schleusen überwinden; statt mit 26 Schleusen hat man es also nur mit 5 Schleusen zu thun, d. h. man erspart  $\frac{4}{5}$  der Schleusenzahl. Dies ist jedoch nicht der alleinige Vortheil; der weitaus maßgebendere Vortheil liegt in der Erlangung längerer Kanalhaltungen, auf welchen der mechanische Schiffszug zur Anwendung gelangen kann, welcher nicht nur in Bezug auf Verminderung der Zugkosten, sondern auch in Bezug auf Zeitgewinn von großem Werthe ist. Wenn wir auch einen Theil der übrigen Schleusen des in Rede stehenden Projektes, die alle mit 3.50m Gefälle angenommen sind, den Terrain-Verhältnissen entsprechend, durch Fontaine'sche Schleusen ersetzen, so gehe ich nicht zu weit, wenn ich sage, dass weitere 15 Schleusen erspart werden könnten, so dass die Zahl von 86 Schleusen im bisherigen Projekte auf rund 50 reduziert würde. Dies ist gleichbedeutend mit Gewinn an Zeit beim Durchschleusen und beim Fortbewegen der Schiffe in den längeren Kanalhaltungen, mit anderen Worten, man wird mit einem Schiffe pro Jahr mehr Reisen machen können, wodurch einerseits der Schiffergewinn ein größerer, andererseits der Frachtsatz ein billigerer sein kann. Nach einer allerdings nur flüchtig gemachten Rechnung könnte bei Anwendung von Schleusen mit großem Gefälle, ein Schiff in 300 Saisontagen um beiläufig 4–6 einfache Reisen in der Strecke Ostrau-Wien mehr machen, als bei der Verwendung von gewöhnlichen Schleusen mit geringem Gefälle. Es wird dabei Tag- und Nachtbetrieb vorausgesetzt.

## Projekt einer geneigten Ebene für Schiffszüge.

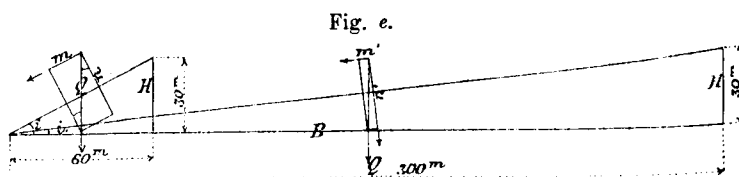
Von A. Flamant, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Unter den Vorrichtungen, die dazu bestimmt sind, um mit Schiffen auf einmal größere Gefällsunterschiede zu überwinden, bieten die geneigten Ebenen gegenüber den vertikalen Schiffs-aufzügen den großen Vortheil, dass mit ihnen noch bedeutend größere Gefälle überschritten werden können.

Alle bis heutzutage angewandten oder auch projektirten geneigten Ebene für Schiffs-aufzüge sind, so weit ich darüber unterrichtet bin, derartig angelegt, dass das Schiff seiner Länge nach aufgezogen wird. Dies hindert selbstredend, der schiefen Ebene eine größere Neigung als  $\frac{1}{3} - \frac{1}{10}$  zu geben, da sonst die Kammer, welche dazu bestimmt ist, das Schiff aufzunehmen, im rückwärtigen Theile eine für die Stabilität gefährliche Höhe erhielte.

Die geneigte Ebene muss nach dem Gesagten mindestens eine Länge erhalten, welche der acht- bis zehnfachen Höhe, die zu überwinden ist, gleichkommt; eine Folge davon ist, daß die Arbeit zur Ueberwindung der passiven Widerstände, welche bei Inbewegungsetzung der Schiffskammer auftreten, sehr bedeutend ist und daher auch sehr kräftige Bewegungsmaschinen erfordert.

Diese Unzukömmlichkeiten lassen sich vermeiden, wenn die das Schiff aufnehmende Kammer in der Querrichtung gehoben wird. In diesem Falle kann man der schiefen Ebene eine viel größere Neigung geben, wodurch einerseits die Länge dieser Ebene (im Sinne der Bewegung der Kammer) andererseits die passiven Widerstände ganz bedeutend verringert werden. Die nachfolgende Skizze zeigt am besten, in welchem Maße bei wachsendem Neigungswinkel der schiefen Ebene die zur letztern aus dem Gewichte der aufzuziehenden Kammer sich ergebende normale Komponente, sowie der Weg der Kammer, also zwei Größen welchen die Reibungsarbeit proportional ist, abnehmen.



Nach Fig. e ist die zur schiefen Ebene normale Komponente  $n = Q \cos i$ , worin  $Q$  das Gewicht der Kammer, des Schiffes und des nothwendigen Schwimmwassers bedeutet. Bei einem Neigungsverhältnisse von  $H:B = 1:2$ , somit  $\operatorname{tg} i = \frac{1}{2}$ , ergibt sich  $n = Q \cdot 0.89428$ .

Bei einem Neigungsverhältnisse  $H_1:B_1 = 1:10$ , ergibt sich  $\operatorname{tg} i_1 = \frac{1}{10}$ , und  $n_1 = Q \cdot 0.99497$ .

Der Reibungswiderstand ist sonach im Falle 1 um volle 10%, der Weg um rund 80% kleiner als im Falle 2. Aus diesen Zahlen dürfte wohl zur Genüge ersichtlich sein, dass die gleiche Aufzugsgeschwindigkeit für beide Anordnungen vorausgesetzt, die mit 1:2 geneigte Ebene viel leistungsfähiger sein muß, als jene mit 1:10.

Die Querstellung der Schiffskammer bietet aber noch einen weitem, sehr wichtigen Vorzug den gewöhnlichen

geneigten Ebenen gegenüber, nämlich eine größere Leichtigkeit und Schnelligkeit der einzelnen beim Aufziehen, resp. Herabführen der Schiffskammer vorkommenden Manöver. Bei den gewöhnlichen schiefen Ebenen sowohl, auf welchen die Schiffskammer der Länge nach bewegt wird, als auch bei den vertikalen Schiffsauzügen (ascenseurs), kann die bewegliche Kammer nur dadurch mit der einen oder anderen Kanalhaltung in Verbindung gebracht werden, dass die eine oder die andere der Abschlussstüren der Kammer geöffnet wird.

Das Schiff, welches mit der Kammer gehoben oder gesenkt wurde, muss nun ganz aus der Kammer heraustreten und eine Ausweichstelle aufsuchen; erst dann kann ein anderes Schiff in die Kammer wieder eintreten. Ein voll beladenes Schiff muss bei seinem Eintritte in die Kammer das darin befindliche Wasser verdrängen, welches nun eine der Schiffsbewegung entgegengesetzte Richtung zu seinem Austritte nimmt; dies ist der Grund, warum dieses Manöver, trotz Anwendung mechanischer Hilfsmittel zum Hineinziehen der Schiffe in die Kammer, noch immer sehr zeitraubend ist und dergestalt auf den flotten Schiffsbetrieb lähmend wirken muss.

Wird jedoch die Schiffskammer nach der Querrichtung bewegt, so legt sich die Kammer am Ende ihres Weges an die Seite der Banquets der oberen, bzw. unteren Kanalhaltung an (siehe Fig. 2, Taf. IV), und es genügt, diese beiden Kanalhaltungen auf jeder Seite der geneigten Ebene um je eine Schiffslänge zu verlängern, damit die Kammer — nachdem die Abschlussstüren an ihren beiden Enden umgelegt wurden — nun auf beiden Seiten mit der betreffenden Kanalhaltung frei kommuniziert, so dass ein Schiff aus der Kammer auf eine Seite heraustreten, während gleichzeitig ein anderes Schiff auf der anderen Seite eintreten kann. Dieses lässt sich ohne jede Schwierigkeit, ohne jede Wasserstauung ausführen; die Dauer der Schiffeinbringung wird auf diese Weise um die Hälfte gegenüber der, bei den gewöhnlichen geneigten Ebenen und bei den vertikalen Aufzügen hiezu notwendigen Zeit vermindert. Es ist selbstverständlich, dass diese Zeitersparnis auf die Leistungsfähigkeit im Schiffsverkehre von dem günstigsten Einflusse sein muss.

Auf Grund dieses Gedankenganges hat nun die Gesellschaft zu Fives-Lille (Frankreich) das Project für eine geneigte Ebene von 30 m Gefällshöhe in allen Einzelheiten ausgearbeitet.

Wie bereits eingangs erwähnt, wurde das Verhältnis der Höhe zur Länge wie 1 : 2 angenommen (entsprechend einem Neigungswinkel von rund  $26^{\circ} 35'$ ). Bezüglich der Verminderung der passiven Widerstände wäre es freilich vorteilhafter, diesen Neigungswinkel zu vergrößern; man müsste jedoch in diesem letzteren Falle auch die Widerstandsfähigkeit und das Gewicht der Ketten, welche die Schiffskammer zu bewegen haben, vergrößern, was nicht zweckmäßig erscheint. Bei der vorgeschlagenen Neigung von 1 : 2 hingegen bleibt das Gewicht der Ketten innerhalb annehmbarer Grenzen.

Taf. IV, Fig. 1 und 2, zeigt die Seitenansicht und die Draufsicht der in Rede stehenden geneigten Ebene, und zwar ist dieselbe für einen Hauptkanal mit bedeutendem Schiffsverkehre gedacht, somit doppelt angelegt. Sie setzt sich aus zwei Schiffskammern zusammen, wovon jede hinreichend groß ist, um Schiffe von rund 300 t Ladung aufnehmen zu können, also den Schiffen der französischen Hauptkanäle entsprechend. Diese Schiffe haben eine Länge von 38·50 m, eine Breite von 5·00 m und einen Tiefgang von 1·80 m.

Diesen Schiffsdimensionen entsprechend, wurde die Kammer mit 44·950 m Länge und 5·600 m Breite angenommen, während die Höhe derselben mit 2·700 m bestimmt wurde, wovon 2·100 m auf die Wassertiefe entfallen, so dass ein vollgetauchtes Schiff in der Kammer noch 2·100 m — 1·800 m = 0·300 m Wasser unter seinen Boden findet. (Siehe Fig. 4, Taf. V.) Die Kammer wird aus zwei vertikalen Längsblechwänden von je 3·400 m Höhe gebildet, wovon 2·700 m über und 0·700 m unterhalb des eigentlichen wasserdichten Bodens der Kammer liegen. Letzterer wird durch Doppel-T-Träger unterstützt, welche in Entfernungen von 3·750 m angelegt sind. Die ganze Kammer ruht auf einem gitterträgerförmigen Aufbau (Fig. 1 und 4, Taf. V), der an seinen unteren Enden mit dem Wagengestelle fest verbunden ist.

Dieses Wagengestelle oder Wagenrahmen wird aus Kastenträgern gebildet, an deren unteren Flächen die Lager für die Laufräder des Wagens befestigt sind (Fig. 4, Taf. V), und zwar ruht der Wagen, den vier Geleisen *gg* der geneigten Ebene entsprechend, auf  $4 \times 8 = 32$  Räderpaaren. Der Durchmesser dieser Räder beträgt 1 m, deren Spurweite ebenfalls 1 m.

Was nun die geneigte Ebene anbelangt, so ist aus Fig. 5, Taf. IV deren Querschnitt in deutlicher Weise gegeben. Man ersieht hieraus, dass ihre Breite mit 45 m angenommen ist, dass sowohl die vier Geleise *gg*, als auch die vier Zahnstangen *zz* für die weiter unten beschriebenen Fangvorrichtungen auf mächtigen Betonfundamenten aufliegen, bzw. ganz eingelassen sind. Die Entfernung der Geleisemittelachsen beträgt 11·25 m, während die Zahnstangen zwischen den beiden äußeren Geleisen symmetrisch eingebaut erscheinen, somit eine Achsen-Entfernung von  $11·25 : 3 m = 3·75 m$  besitzen.

In der Mittelachse der geneigten Ebene ist die Führung des ganzen Kammerwagens (Fig. 5, Taf. IV) eingebaut; dieselbe besteht aus hölzernen Quer und Längsschwellen. Diese letzteren, welche hochkantig stehen, tragen je ein Schienenpaar, auf welchem, dem oberen und unteren Rahmen-Ende entsprechend, je zwei Paare Führungsrollen *ff* laufen. Dadurch wird eine zu der Längsachse der geneigten Ebene parallele Bewegung des Wagens sichergestellt.

Die Gesamtbreite einer Ebene beträgt 45 m, welche sich an dem oberen und unteren Ende durch den Anschluß der Häupter der Schiffskammern auf 57 m vergrößert.

Zwischen den beiden geneigten Ebenen sind in der oberen und unteren Kanalhaltung Ausweichplätze eingebaut, welche die Breite der Haltung auf 29·300 m (untere



Haltung), bzw. 27·800 m (obere Haltung) bringen. Aus der Fig. 2, Taf. IV ist ferner noch ersichtlich, dass die beiden Banquets der oberen, bzw. auch der unteren Kanalhaltung oder, was dasselbe ist, die Achsen der Kammern in den beiden Endlagern um 5·50 m gegen einander verschoben liegen. Dies hat darin seinen Grund, damit zwei Schiffe sich ausweichen können, von welchen das eine in die eine Kammer eintritt, während ein zweites Schiff gleichzeitig an der anderen Kammer austritt.

Wir kommen nun zu einem weiteren wichtigen Theile, nämlich zu den sogenannten Aufhänge- oder Kupplungsketten (Fig. 2, Taf. IV). Die beiden Schiffskammern sind nämlich an ihren nach aufwärts gekehrten Längsseiten auf starken Ketten aufgehängt, dergestalt, dass sich diese Kammern

Kammer II befestigten Leitrollen und von diesen endlich zu dem zweiten Endpunkte *C* dieser Kette.\*)

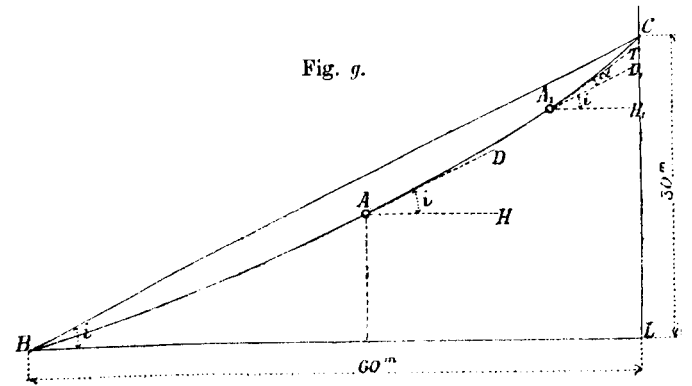
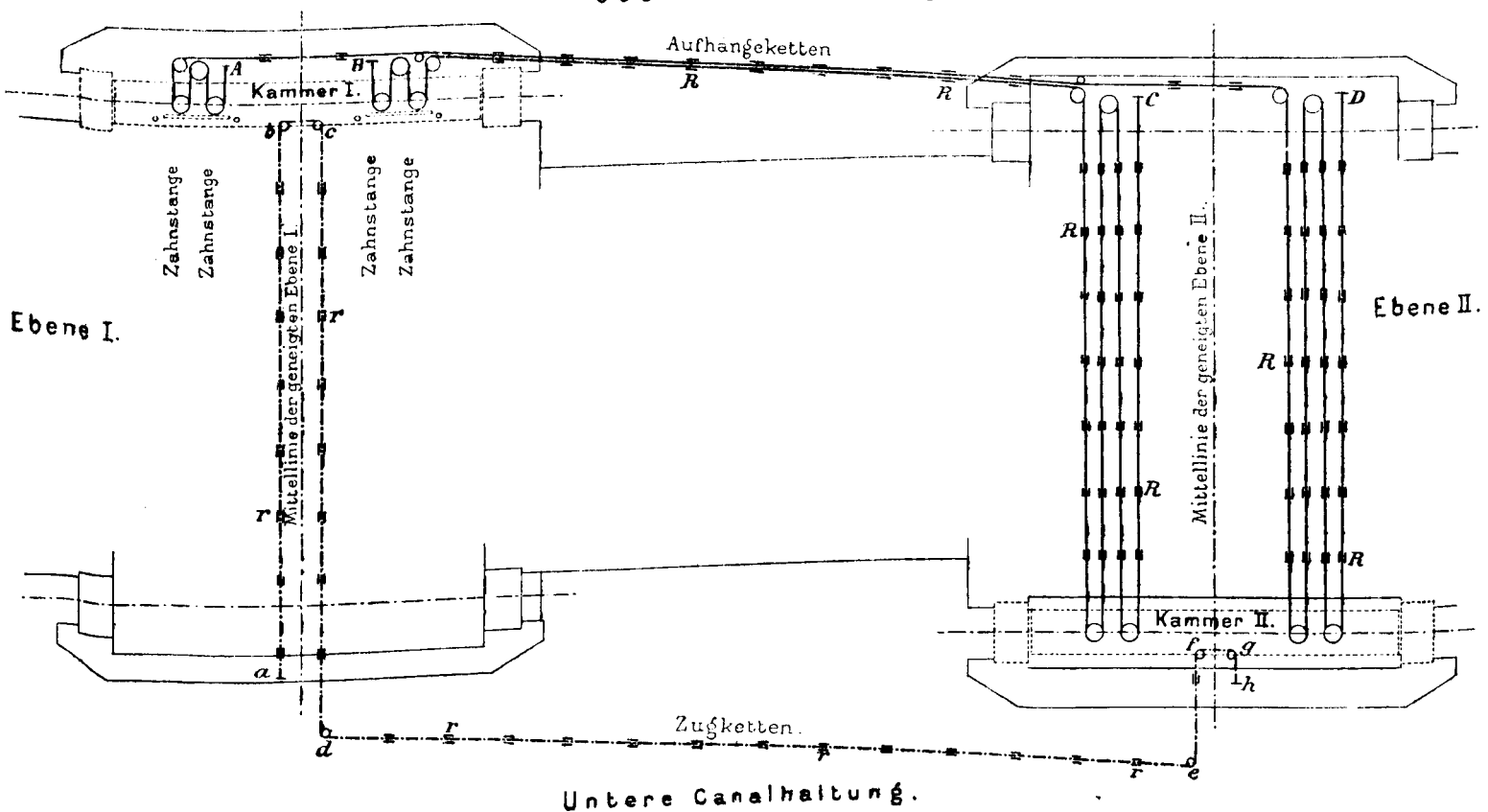


Fig. f.

## Obere Canalhaltung



im Gleichgewichte halten. Geht eine Kammer über die geneigte Ebene hinauf, so gleitet gleichzeitig die zweite Kammer auf der geneigten Ebene hinunter.

Das Schema dieser Kettenführung ist aus der vorstehenden Skizze Fig. f ersichtlich, und zwar in vollgezogenen Linien; bei *A* ist die Befestigung der einen Kette, welche über vier parallel zur geneigten Ebene *I* liegende Leitrollen geht, um sodann über normal zur geneigten Ebene stehende Führungsrollen *RR* zur zweiten geneigten Ebene *II* zu gelangen und schließlich mit Benützung von Leit- und Führungsrollen in *D* den zweiten Befestigungspunkt zu finden.

Die zweite Aufhängekette beginnt ähnlich wie die frühere an der Kammer *I* im Befestigungspunkt *B*, geht sodann über Leit- und Führungsrollen, um die an der

Um einerseits das wechselnde Gewicht dieser Ketten (während der Auf- und Abbewegung der Schiffskammern) auszugleichen, ferner um den Gleichgewichtszustand der beiden Kammern an jeder Stelle der geneigten Ebene herzustellen, hat Herr Bassères, Ingenieur der Firma Fives-Lille, nach eingehenden Rechnungen folgenden Vorschlag gemacht: Man gestalte das Profil der geneigten Ebene nicht

\*) Die Schiffskammer hängt, wie aus der Fig. f ersichtlich ist, auf 8 Kettensträngen; die Beanspruchung eines solchen Stranges beträgt, mit Berücksichtigung des totalen Kammergewichtes, bzw. der entsprechenden, zur geneigten Ebene parallelen Komponente, ferner mit Berücksichtigung des Gewichtes der Kette und der auftretenden Reibungswiderstände circa 60 Tonnen. Wie man sieht, ist diese Beanspruchung nicht besonders gross zu nennen, da ja für grosse Schiffskranne die Inanspruchnahme der Kettenstränge bis auf 180 Tonnen steigt, ohne irgend welche Umstände zu verursachen.

als gerade Linie, sondern als konkaven Kreisbogen, welcher, unter der Voraussetzung, dass die geneigte Ebene 1 zur Höhe und 2 zur Basis habe, eine größte Pfeilhöhe von 32 cm erhält. \*)

Es sei in Fig. *g*  $i$  der mittlere Neigungswinkel der geneigten Ebene,  $DAH = \alpha + i$ , wobei  $AD$  die Tangente an die unbekannte Kurve im Punkte  $A$ , also  $\parallel$  zu  $BC$  und  $AH$  eine Horizontale ist. Dieser Punkt  $A$  liege in der halben Länge der Kurve. Nehmen wir nun einen andern Punkt  $A'$  der unbekannten Kurve, welcher von dem Punkte  $A$  um die Distanz  $AA' = x$  entfernt liegt; ziehen wir auch hier eine Tangente  $A_1 T_1$  welche mit der zu  $AD$  parallel geführten Linie  $A_1 D_1$  den Winkel  $TA_1 D_1 = \alpha$  einschließt, so ergibt sich Winkel  $TA_1 H_1 = \alpha + i$ .

Es sei nun  $Q$  das Gewicht der im Punkte  $A_1$  befindlichen Schiffskammer, so wird die zur Tangente  $A_1 T$  parallele Komponente  $m'$  dieses Gewichtes gleich sein

$$m' = Q \cdot \sin(\alpha + i) \dots \dots \dots (1)$$

Befindet sich die Kammer im Punkte  $A$ , so ist diese Komponente

$$m = Q \cdot \sin i \dots \dots \dots (2)$$

Damit nun das statische Gleichgewicht der Kammer mit Rücksicht auf das Gewicht der Anhängerketten nicht gestört werde, muß die Differenz der dem Kammergewichte in den beiden erwähnten Positionen entsprechenden Komponenten  $m$  und  $m'$ , gleich der Tangential-Komponente des in der Strecke  $AA_1$  liegenden Kettengewichtes sein.

Bezeichnen wir mit  $q$  das Gewicht eines laufenden Meters der Kette, so ist das Gewicht der in der Strecke  $AA_1$  liegenden Kette  $= q \cdot x$ , daher die Tangential-Komponente  $q \cdot x \cdot \sin i$ .

Es muss daher für den Gleichgewichtszustand  $Q \sin(\alpha + i) - Q \sin i = q x \sin i$  sein.

Mit Berücksichtigung des Umstandes, dass  $\alpha$  sehr klein, also  $\cos \alpha$  nahezu  $= 1$  und  $\sin \alpha$  nahezu  $= \alpha$  ist, wird  $\sin(\alpha + i) = \alpha \cdot \cos i + \sin i$  somit die obige Gleichung

$$Q \cdot \alpha \cos i = q \cdot x \sin i \dots \dots \dots (3)$$

woraus

$$\alpha = \frac{q}{Q} \cdot x \operatorname{tg} i \dots \dots \dots (4)$$

Aus dieser Gleichung ist, ersichtlich, daß der Winkel  $\alpha$  der Strecke  $x$  proportional ist, eine Bedingung, die nur bei der Kreislinie zutrifft.

Setzt man nun in dem vorliegenden Falle für  $Q$  und  $q$  die entsprechenden Gewichtszahlen ein und für  $x$  den Werth  $\frac{BC}{2} = \frac{67 \text{ m}}{2} = 33.50 \text{ m}$  (d. i. die halbe Länge der geneigten Ebene), so findet man den Werth von  $\alpha$  im Endpunkte  $C$ , und zwar ist  $\alpha = 0^\circ 59'$ , wenn die Kammer mittelst der Zugketten (von denen später die Rede ist) bewegt wird, und  $\alpha = 1^\circ 8'$ , wenn die Kammerbewegung durch das Gewicht einer Wasserschichte in der oberen Kammer hervorgerufen wird.

Aus diesem so gefundenen Werthe von  $\alpha$  berechnet sich leicht die Pfeilhöhe des Bogens, und zwar im erstenen

\*) Die Berechnungen Bassères wurden speciell für eine geeignete Ebene von 60 m Basis und 30 m Höhe durchgeführt.

Falle mit 0.28 m. im zweiten Falle mit 0.32 m, also im Mittel mit 0.30 m.

Durch Annahme einer derartig gekrümmten Fläche hat selbstredend die Kammer in ihrer Endstellung keine absolut vertikale Lage, d. h. die vertikalen Wände der Kammer werden nicht genau vertikal und der Boden der Kammer nicht genau horizontal sein; da jedoch diese Abweichung  $\frac{1}{50}$  nicht überschreitet, so kann das Schiff ganz frei in der Kammer schwimmen.

Durch Einführung einer solchen Fläche sind somit die Bedingungen erfüllt, damit das ganze System sich beständig im statischen Gleichgewichte befindet; daraus folgt, dass die Kraft, welche zur Bewegung der Kammerkettens nothwendig ist, konstant bleibt.

Diese bewegende Kraft kann, wenn in der oberen Kanalhaltung genügend Wasser vorhanden ist, auch in Gestalt einer Wassermasse von 120 m<sup>3</sup>, welche in die obere Schiffskammer eingelassen wird und einer Schichte von ungefähr 50 cm entspricht, gewonnen werden. Man kann also hier ebenso, wie bei den hydraulischen Schiffsauzügen, ohne Zuhilfenahme eines speziellen Motors, die Bewegung der Schiffskammern veranlassen.

Ist nicht genügend Wasser in der oberen Kanalhaltung zu dem oben genannten Zwecke vorhanden, so stellt man eine Dampfmaschine auf, welche rund 150 HP. haben müsste. Diese Maschine hat sodann die Zugkette (siehe punktierte Linien in der vorstehenden Skizze Fig. *f*) in Bewegung zu setzen. Die schematische Darstellung dieser Kette zeigt in *a* den einen Fixpunkt, von welchen aus die Kette über die an der Kammer I befestigten Leitrollen *b* und *c* geht, um dann über eine Anzahl Führungsrollen *r r* mittelst der Leitrolle *d* zur eigentlichen Kraft-Antriebsrolle *e* zu gehen, von welcher aus die Weiterführung der Kette um die beiden an der Kammer II befestigten Leitrollen *f* und *g* zum andern Fixpunkt *h* erfolgt.

Die Art und Weise des Antriebes der Rolle *e* ist allerdings aus der Zeichnung Taf. IV, Fig. 3 und 4 nur schematisch ersichtlich, nachdem der kleine Maßstab dieser Figuren das Einzeichnen der Transmissionswellen — behufs Wahrung der Deutlichkeit — nicht gestattete. Von der Betriebsmaschine geht nämlich eine horizontal gelagerte Transmissionswelle ab, an deren Ende durch konische Zahnräder die Bewegung auf die zur Antriebsrolle *e* normalstehende Welle weitergeleitet wird. Die Antriebsrolle liegt in der Ebene der Zugrichtung der Kette. Die Zugkette selbst liegt in einer entsprechend weiten eisernen Rohrleitung.

Bremsvorrichtung für die Schiffskammern. Es dürfte nicht überflüssig sein, die Vorrichtung näher zu besprechen, welche dazu bestimmt ist, im Falle des Reißens der Aufhängeketten die Schiffskammern sofort aufzuhalten.

In nebenstehender Skizze Fig. *h* stellt *K K* die Traverse des Wagengestelles der Schiffskammer dar, welche bei *o* die Drehachse des Winkelhebels *S o A* aufnimmt. Das eine Ende dieses Hebels trägt bei *S* eine Art Bremsklotz, welcher an seiner unteren Fläche Zähne von der gleichen Theilung trägt, wie jene der Zahnstange *Z Z*. Das andere Ende des Hebels *A* stützt sich auf eine starke Blattfeder *R*, welche

einen Druck von rund 10 Tonnen auszuüben im Stande ist.  $P$  stellt die Leitrolle dar, über welche die Aufhängekette der Schiffskammern führt; die Achse dieser Rolle ruht in starken Lagern  $NN_1$ . Die untere Fläche des Lagerbockes  $N_1$  ist gehobelt und ebenso die zugehörige Fläche der Grundplatte  $MM$ . In  $CC$  sind vier starke Bolzen zu je 75 mm Dmtr. ersichtlich, welche die Lagerböcke, die Traverse des Gestelles, die beiden Stützklotze  $DD$  und endlich die Preßplatte  $B$  passieren. Diese Pressplatte, welche aus Gußstahl hergestellt ist, hat in  $B$  einen Vorsprung, mit welchem sie an dem Hebeldarm  $oA$  vorliegt.

Wenn nun durch die Aufhängekette auf die Rolle ein Zug in der Pfeilrichtung ausgeübt wird, so bewegt sich der Lagerbock auf der gehobelten Fläche  $MM$  in der gleichen Richtung; die Bolzen  $CC$  ziehen die Preßplatte  $B$  nach sich, bis dieselbe an die Stützklotze  $DD$  anzuliegen kommt, wodurch die Feder  $R$  mittelst des Hebels  $oA$  zusammengepresst wird. Wenn nun die Aufhängekette reißt — oder

die Achse  $oo$  des oben besprochenen Winkelhebels auch bis zur zweiten Leitrolle hinreicht, um daselbst den Hebelarm  $S$  mit dem Bremsklotz  $S_1$  aufzunehmen, welcher der zweiten Zahnstange  $Z_1$  entspricht. Reißt nun die Kette an irgend einer zwischen  $a$  und  $e$  gelegenen Stelle, so wird im gleichen Augenblicke nicht mehr der normale Zug auf die Rolle  $P$ , bzw. auf deren Lager ausgeübt, wodurch die Feder  $R$  in Thätigkeit tritt d. h. die Bremsklötze  $S$  und  $S_1$  an die Zahnstangen  $Z$  und  $Z_1$  anpresst. Die andere, nicht gerissene Aufhängekette hält die symmetrisch gelegene andere Hälfte der Schiffskammer und wird in dieser Wirkung noch durch die an anderer Stelle bereits besprochene centrale Führung (Taf. IV, Fig. 5 und Taf. V, Fig. 3) kräftigst unterstützt.

Die Zahnstangen  $Z Z_1$  sind aus Stahl und derart dimensionirt, dass eine jede im Stande ist, einen plötzlichen Zug von 120 t mit Sicherheit zu ertragen. Die Fig. 5 auf Taf. IV zeigen die Lagerung dieser Zahnstangen mit ihren Längs-

Fig. h.

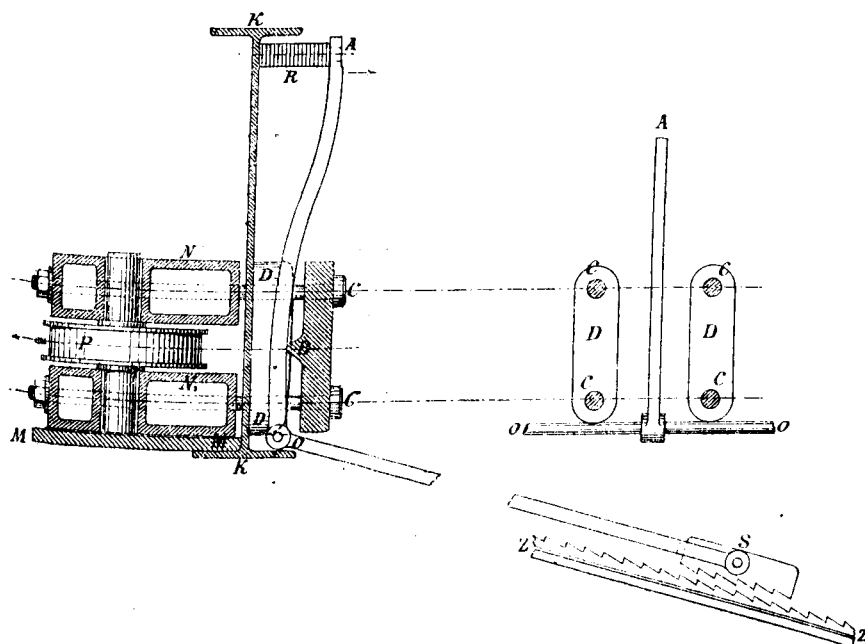
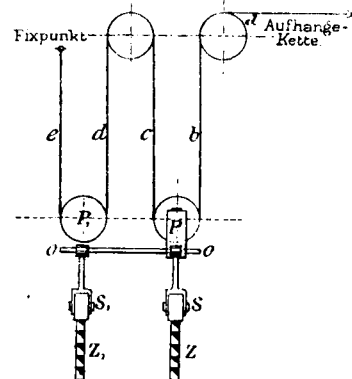


Fig. k.



auch, wenn der Zug dieser Kette unter 40 Tonnen sinkt, so drückt die Feder  $R$  das Hebelende  $A$  von der Traverse weg, wodurch das andere Hebelende  $S$  sofort an die Zahnstange  $Z Z$  gepresst wird.

Die Entfernung  $oB$  ist  $\frac{1}{8}$  der Entfernung  $oS$  und  $\frac{1}{4}$  von  $oA$ , so dass, wenn der Punkt  $B$  der Pressplatte nur um 1 cm von seiner normalen Lage abweicht, das Hebelende  $A$  um 4 cm und das Ende  $S$  um 8 cm aus ihrer Lage bewegt werden, welche letztere Bewegung hinreichend ist, um das Eingreifen bzw. Abheben des Bremsklotzes von der Zahnstange zu bewerkstelligen, da die Tiefe der Zahnstangenzähne nur 4 cm beträgt.

Wie aus der Tafel IV, Fig. 2 ersichtlich ist, trägt jede Schiffskammer vier Leitrollen, entsprechend den vier Zahnstangen, diese vier Leitrollen sind zu je zweigruppirt, über welche je eine Aufhängekette läuft (siehe nebenstehende Skizze Fig. k). Die früher beschriebene Bremsvorrichtung ist nur an einer dieser beiden Leitrollen, nämlich in  $P$  montirt, während

und Querverbindungen in einer mächtigen Betonschichte, welche schon durch ihr Gewicht allein hinreicht, einem Ausreißen der Zahnstangen entgegenzuwirken. Der Zug von 120 t entspricht der von den Aufhängeketten ausgeübten Wirkung; er ist somit bedeutend größer als jene Kraft, welche nothwendig ist, um die Schiffskammer in Ruhe zu halten. Der Zug der Ketten übertrifft nämlich die zur geneigten Ebene parallele Komponente (von dem Gewichte der Kammer herrührend) um den Betrag der Reibung.

Für den im Projekte berechneten Fall beträgt diese Komponente 393 t, es müssen daher, im Falle des Reißens der Ketten, die Zahnstangen mit dieser Kraft, vermindert um den Betrag der rollenden Reibung, widerstehen. Die Reibung beträgt rund 7 t, somit werden die vier Zahnstangen bei einem Kettenbruche mit  $\frac{393-7}{4} = \frac{386}{4} = 96\frac{1}{2}$  t, also mit weniger als 100 t beansprucht, während sie thatsächlich für

120 t dimensionirt sind. \*) Für die Kraft von 120 t werden die Zahnstangen mit 10 kg pro Quadratmillimeter beansprucht. Es ist dies keine außergewöhnliche Beanspruchung für Stahlmaterialie; übrigens hat eine ähnliche Zahnstange bereits ihre Probe bei der Hebebrücke de la Vilette (Paris) glänzend bestanden.

Bezüglich der Rückwirkung im Falle des Reißens der Aufhängeketten auf die in den Kammern schwimmenden Schiffe lohnt es sich wohl der Mühe, darüber näher einzugehen. Dem vorliegenden Projekte gemäß werden die auf- und abwärts bewegten Schiffskammern eine Geschwindigkeit von 0.20 m per Sekunde erhalten. Im Falle nun eine Kette reißt, wird selbstverständlich die Schiffskammer sofort mittelst der eben beschriebenen Bremsvorrichtung zum Stillstande gebracht, während das in der Kammer schwimmende Schiff dem Trägheitsgesetze folgend, die relative Geschwindigkeit von 0.20 m beibehält; diese Geschwindigkeit wird jedoch in hinreichender Weise durch die 20—25 cm starke Wasserschichte, welche sich auf beiden Seiten zwischen Schiffs- und Kammerwand befindet, vernichtet. Der Stoss, welchen also das Schiff mittelbar gegen die Kammerwände ausübt, wird ein sehr sanfter sein, denn die Geschwindigkeit von 0.20 m pro Sekunde entspricht einer Fallhöhe von  $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{0.02^2}{20} = 0.002 \text{ m}$ , also nur 2 mm.

Der Stoss auf die Kammerwände wird, wie bereits gesagt, einer noch geringeren Geschwindigkeit als 0.20 m entsprechen, weil ja die Wasserschichten einen großen Theil der Arbeitsleistung aufnehmen, bezw. vernichten.

Leistungsfähigkeit der gekuppelten geneigten Ebene. Bezüglich der Leistungsfähigkeit solcher Schiffsauzüge in Hinsicht auf den Schiffsverkehr möge zunächst die zur Durchführung der einzelnen Manöver nothwendige Zeit zusammengestellt werden.

Die Länge der geneigten Ebene beträgt, bei Annahme von  $B = 60 \text{ m}$  als Basis und  $H = 30 \text{ m}$  als Höhe,  $L = \sqrt{60^2 + 30^2} = 67 \text{ m}$ . Zur Zurücklegung dieses Weges von 67 m braucht man, bei einer Geschwindigkeit von 0.20 m pro Sekunde (= 12 m pro Minute)

$$\frac{67}{12} = \dots \dots \dots 5 \text{ Min. } 35 \text{ Sek.}$$

zum Öffnen der Kammerthüren . . . 1 " — "

zum Schließen der Kammerthüren . . . 1 " — "

Aus- und Eintritt der Schiffe . . . 3 " — "

Summe . . . 10 Min. 35 Sek.

oder rund 11 Minuten.

\*) Das Gesamtgewicht einer Schiffskammer setzt sich folgendermaßen zusammen:

Wasser in der Kammer . . . 4 . . . . .	530 t
Kammengewicht selbst . . . . .	120 t
Kammerträger und Wagenrahmen . . . . .	140 t
Laufträder, Führungsrollen . . . . .	60 t
Kettenrollen, Achsen etc. . . . .	30 t

Gesamtgewicht . . . 880 t

Dieses Gewicht zerfällt bei der in Rede stehenden geneigten Ebene: a) in eine zu dieser normalen Componente von 788 t und b) in eine zur gewissen Ebene parallele Componente von 393 t.

Die Erstere, rund mit 800 t angenommen, vertheilt sich auf die 64 Laufträder mit je  $12\frac{1}{2} \text{ t}$  oder pro Achse mit 25 t.

Man kann daher ganz gut fünf Manöver pro Stunde ausführen, somit in 12 Stunden  $5 \times 12 = 60$  Schiffe von der unteren zur oberen Kanalhaltung und gleichzeitig  $5 \times 12 = 60$  Schiffe von der oberen zur unteren Kanalhaltung befördern, d. h. 120 Schiffe pro Tag zu 12 Stunden, daher in jährlichen 300 Arbeitstagen  $300 \cdot 120 = 36.000$  Schiffe in beiden Richtungen zusammen befördern. Nehmen wir nur eine mittlere Schiffsbelastung von 150 t an, so ermöglicht eine derartig geneigte Ebene  $36.000 \times 150 = 5.400.000 \text{ t}$  Jahresverkehr zu bewältigen, eine Ziffer, wie sie bei den höchst frequentirten Binnenschiffahrtskanälen heutzutage noch nirgends erreicht wird.

Anlagekosten. Bezüglich der Anlagekosten einer derartigen gekuppelten geneigten Ebene seien die mir vom Projektanten freundlichst zur Verfügung gestellten, allerdings nur angenäherten Ziffern nachstehend angeführt. Ich verbinde hiebei noch den Zweck, daß uns österreichischen Ingenieuren ein Vergleichungsmaß bezüglich der Einheitssätze für die verschiedenen Arbeiten bezw. Materialien in die Hand gegeben werde.

### 1. Gekuppelte Ebene.

	Kilogramm	Francs	Francs
Zwei Schiffskammern aus Eisenblech (Blechnähte alle verstemmt) . . . . .	260.000 à	0.55 =	143.000
Gestelle für diese Kammern aus Eisenblech . . . . .	310.000 à	0.40 =	124.000
Laufrollen und deren Lager . . . . .	130.000 à	0.60 =	78.000
Leitrollen der Kammern sammt Lager . . . . .	12.000 à	0.60 =	7.200
Schienen für obige Rollen . . . . .	95.000 à	0.22 =	20.900
Stählerne Zahnstangen . . . . .	64.000 à	0.90 =	57.600
Gusseiserne Lagerung der Zahnstangen . . . . .	160.000 à	0.40 =	64.000
Aufhängeketten (Kuppelungsketten) der beiden Schiffskammern . . . . .	135.000 à	0.90 =	121.500
Zugketten . . . . .	35.000 à	0.90 =	31.500
Verschiedene Theile aus Schmiedeeisen . . . . .	80.000 à	1.20 =	96.000
" " " Gusseisen . . . . .	141.000 à	0.40 =	56.400
" " " Gussstahl . . . . .	13.000 à	0.95 =	12.350
" " " schmiedb. Stahl . . . . .	24.000 à	1.50 =	36.000
Eichenholz . . . . .	400 m <sup>3</sup> à	200.00 =	80.000
Beton . . . . .	15.000 m <sup>3</sup> à	18.00 =	270.000
Diverses Mauerwerk . . . . .	14.000 m <sup>3</sup> à	25.00 =	350.000

Totale für die gekuppelte Ebene . . . 1.548.450

### 2. Maschinelle Einrichtung.

Zwei Betriebsdampfmaschinen von zusammen 150 HP. }	
Drei Dampfkessel zu je 125 m <sup>2</sup> Heizfläche . . . . .	180.000
Transmissionswellen . . . . .	25.000
Maschinenhaus, Rohrleitung, Kamin . . . . .	80.000

Totale der voraussichtlichen Spezen . . . 1.783.450

Unvorhergesehene Auslagen zirka 12% . . . . . 216.550

Somit Gesamtauslagen . . . 2.000.000

Dieser Betrag kann selbstverständlich bedeutend verringert werden, wenn die obere Kanalhaltung genügend Wasser besitzt, da in diesem Falle die Auf- und Abbewegung der Schiffskammern durch das Uebergewicht der oben stehenden Kammer in Gestalt einer Wassermasse von 120 m<sup>3</sup> Inhalt bewerkstelligt werden kann. Es entfallen somit die oben unter 2 angeführten Posten der maschinellen Einrichtung, überdies aber noch jene Auslagen, die sonst für Zugketten und deren Zubehör nothwendig werden, so dass in diesem Falle sich die Gesamtauslagen auf 1.700.000 Frs. belaufen.

Es muss hier noch auf einen weiteren Umstand aufmerksam gemacht werden, der sehr zu Gunsten der geneigten

Ebenen überhaupt spricht, nämlich dass die zur Bewegung der Schiffskammer nothwendige Kraft unabhängig von der Höhe der geneigten Ebene ist, d. h. zur Ueberwindung eines Gefälles von beispielsweise 50 m braucht man keine stärkere Maschine als jene, die zur Ueberwindung von 30 m nothwendig ist. Hat man es mit einem Gefälle von 50 m zu thun, so werden offenbar nur jene Ausgabsposten im beiläufigem Verhältnisse von 50:30 oder 5:3 wachsen, welche direkt im Zusammenhang mit der Länge der geneigten Ebene stehen, also: Schienen, Zahnstangen, Gestelle für diese letzteren, Aufhängeketten, Eichenholz, Beton und verschiedene kleinere Theile, welche Posten zusammen etwa Frs. 450.000 ausmachen, so dass mit einem Gesamtbetrage von Francs 2,450.000 ein Gefälle von 50 m überwunden werden kann, falls Maschinen zur Kammerbewegung nothwendig sein sollten, und 2,150.000 Frs., wenn in der oberen Kanalhaltung genügend Wasser vorhanden ist.

Im Vergleiche mit den hydraulischen Aufzügen stellen sich die Baukosten zur Ueberwindung von je 1 m Gefälle folgendermaßen:

Aufzug zu Anderton . .	$\frac{1,221.000}{15 \cdot 35}$	=	Fr. 79.543
„ „ Fontinettes . .	$\frac{1,870.000}{13 \cdot 13}$	=	„ 142.421
„ „ La Louvière . .	$\frac{1,500.000}{15 \cdot 40}$	=	„ 97.402
Vorliegendes Projekt . .	$\frac{2,150.000}{50}$	=	„ 43.000

Es muss hier jedoch ausdrücklich betont werden, dass die Baukosten bei dem hydraulischen Aufzuge zu Fontinettes durch das Zusammentreffen widriger Umstände (hohe Grundeinlösung, außergewöhnlich hohe Einheitspreise, schwieriges Fundirungsterrain etc.) außergewöhnlich hoch waren. Heute würden die Baukosten eines gleich großen Aufzuges auf nur 1,100.000 Frs. zu stehen kommen, somit pro Meter Gefälle 83.777 Frs.. Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, dass die Baukosten pro Meter Gefällshöhe bei der Flamant'schen gekuppelten Ebene um ungefähr 50 % billiger sind, als bei den hydraulischen Aufzügen.

Der Gedanke, die Baukosten dieser projektirten Schiffs-aufzugsebene mit den Baukosten bereits ausgeführter schiefer Ebenen (Blackhill in Schottland, Elbing in Preußen etc.) zu vergleichen, liegt wohl nahe, jedoch lässt sich ein solcher Vergleich nicht gut anstellen, weil die bestehenden schiefen Ebenen nur für Schiffe von 20 bis 70 t ausgeführt wurden, daher relativ geringe Anlagekosten verursachten (11.300 bzw. 30.000 Frs. pro Meter Gefälle für die oben erwähnten Ebenen von Blackhill und Elbing).

Bei dem vorstehenden Vergleiche zwischen den Anlagekosten der Flamant'schen gekuppelten geneigten Ebene und den genannten hydraulischen Aufzügen musste naturgemäß die niedrigere Ziffer für die erstere gewählt werden, da auch bei den hydraulischen Aufzügen nur das aus der oberen Kanalhaltung entnommene Wasser als motorische Kraft für die Bewegungen der Schiffskammern benützt wird.

Ziehen wir einen Vergleich über die Leistungsfähigkeit der Flamant'schen geneigten Ebene und der hydraulischen Aufzüge, so übertrifft die erstere ganz bedeutend die letzteren,

ein Umstand, der bei dem Betriebe von wichtigen Schifffahrtskanälen nicht außer Acht zu lassen ist.

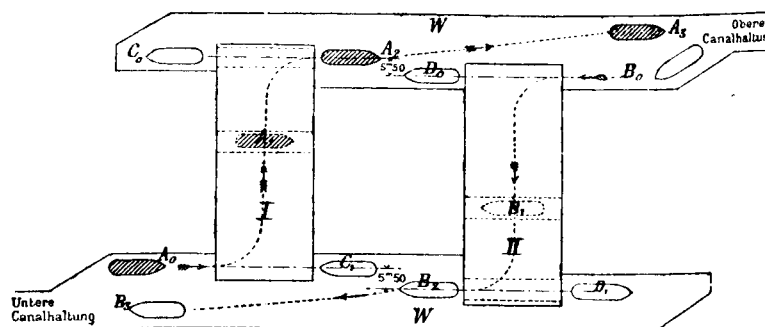
Die Leistungsfähigkeit pro Tag zu 12 Stunden beträgt:

	Schiffe	also in 300 Tagen
beim Aufzuge zu Anderton . . . . .	75 à 50 t	1,125.000 t
„ „ „ Fontinettes . . . . .	72 à 150 t	3,240.000 t
„ „ „ La Louvière . . . . .	72 à 200 t	4,320.000 t
bei der Flamant'schen geneigten Ebene . . . . .	120 à 150 t	5,400.000 t

Logischerweise muss ein gerechter Vergleich der Baukosten sich nicht nur auf die Anlagekosten pro Meter Gefällshöhe, sondern auch auf die Leistungsfähigkeit des betreffenden Objektes erstrecken, woraus auf Grund der eben angeführten Ziffern sich leicht der Schluss ziehen lässt, dass der Flamant'schen schiefen Ebene nach beiden Richtungen der Vorzug zukommt, allerdings vorderhand bis zur tatsächlichen Erprobung einer solchen gekuppelten schiefen Ebene nur in theoretischer Weise.

Zum Schlusse dieser Abhandlung möge noch eine kleine Skizze Fig. 1 hier Platz finden, welche die außergewöhnliche Leistungsfähigkeit der Flamant'schen Ebene veranschaulichen soll. I und II sind die gekuppelten geneigten Ebenen, welche die obere und untere Kanalhaltung mit-

Fig. 1.



einander verbinden. Jede dieser Kanalhaltungen ist in der angedeuteten Weise abgeschlossen. In  $A_1$  ist das in der aufwärts gehenden Kammer befindliche Schiff, welches früher die Lage  $A_0$  einnahm, angedeutet; an der oberen Kanalhaltung angelangt, tritt es aus der Kammer aus (Lage  $A_2$ ), während gleichzeitig ein bereitstehendes Schiff  $C_0$  eintritt; das ausgetretene Schiff geht nun seinen Weg weiter nach  $A_3$ . Während die Kammer I hinaufgeht, geht gleichzeitig die Kammer II mit dem Schiffe  $B_1$ , welches bei  $B_0$  in die Kammer eintrat, nach abwärts; unten angelangt, tritt das Schiff aus der Kammer hinaus (Lage  $B_2$ ), während gleichzeitig das bereit stehende Schiff  $D_1$  in die Kammer eintritt.  $C_1$  zeigt die Lage eines Schiffes, welches in dem Momente aus der Kammer I ausgetreten ist, als  $A_0$  in die Kammer eintritt.  $C_1$  kam eben von der oberen Kanalhaltung herab. Ähnlich verhält es sich mit  $D_0$  und  $D_1$ .

Eine Schiffs-kollision ist in den Ausweicheplätzen  $W$  nicht leicht möglich, nachdem die Schiffskammern um 5-50 m gegeneinander versetzt sind, während die Schiffe selbst nur 5 m Breite besitzen. Gerade diese Anordnung, dass gleichzeitig aus einer Kammer ein Schiff ein- und ein anderes austreten kann, bedingt die große Leistungsfähigkeit der Flamant'schen gekuppelten Ebene.

## Geneigte Ebene für Schiffsaufzüge von J. Peslin.

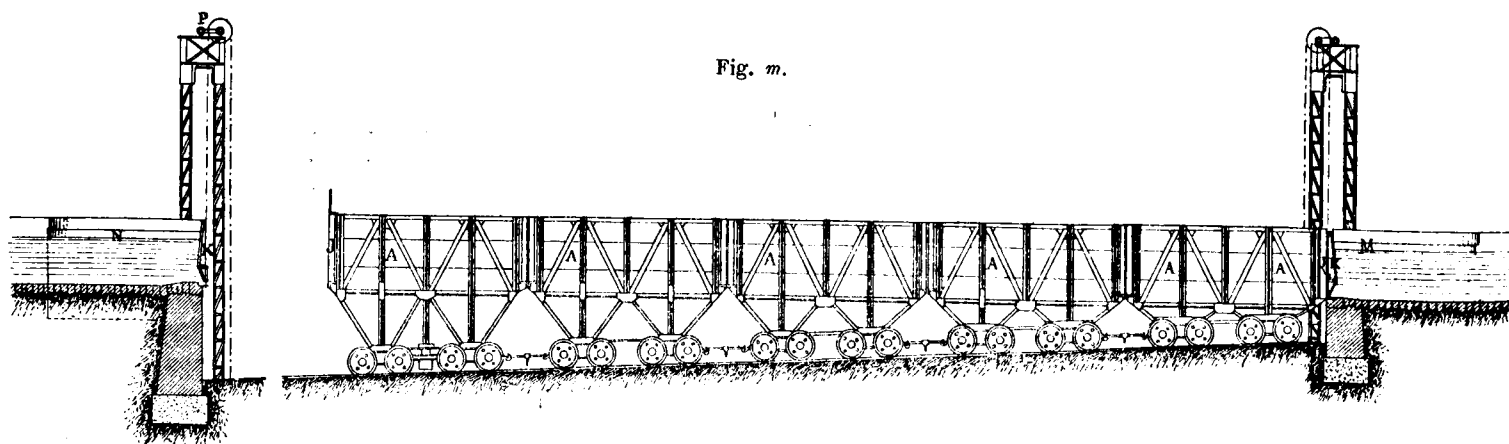


Fig. m.

Bereits im Jahre 1884 wurde Chef-Ingenieur Peslin mit der Aufgabe betraut, ein Projekt, die Verbindung der Maass mit der Schelde, bezw. Abzweigungen dieser beiden Flüsse mittelst eines Kanals betreffend, zu verfassen. Die diesbezüglich angestellten Studien führten zu dem Ergebnisse, dass der ganze Kanal nur etwa 5 km Länge besitzen werde, jedoch eine Gefälldifferenz von 51.2 m zu überwinden habe. Zur Durchführung dieser Aufgabe boten sich drei Lösungen, nämlich:

1. eine Treppe von zwölf Schleusen zu je 4.27 m Gefälle einzubauen, welche mittlere Kanalhaltungen von rund 400 bis 500 m Länge ergeben würden, oder

2. drei hydraulische Aufzüge zu je 16.17 m zu errichten, welche Kanalhaltungen von rund 2500 m ermöglichen, endlich

3. eine geneigte Ebene zwischen der Selle bei Cateau und der Sambre bei Ors einzulegen, mittelst welcher die gesammte Gefälldifferenz von 51.2 m auf einmal überschritten werden könnte. Diese letzte Art der Lösung soll nun im Nachfolgenden besprochen werden. Herr Chef-Ingenieur Peslin hat die Resultate seiner diesbezüglichen Studien in einer kleinen Brochüre\*) zusammengestellt und gelegentlich des internationalen Binnenschiffahrt-Kongresses 1889 in Paris weitere diesbezügliche Mittheilungen gemacht.

Das von Peslin vorgeschlagene Projekt einer geneigten Ebene zum Aufziehen von Schiffen besteht der Hauptsache nach aus einer beweglichen Schiffskammer, groß genug, um 300 t Schiffe aufnehmen zu können. Diese Schiffe haben 38.50 m Länge, 5 m Breite und 1.80 m Tiefgang, ihr Eigengewicht beträgt 40—50 t, das Gewicht des nöthigen Schwimwassers 60—70 t, das Eigengewicht der Kammer selbst beläuft sich einschließlich der Räder, Wagenstühle, Achsen etc. etc. auf rund 190 t, so dass das gesammte zu bewegende Kammergewicht auf beiläufig 600 t zu stehen kommt.

Will man jedoch den Zwischenraum zwischen dem Schiffe und den Kammerwänden größer machen, d. h. die sogenannte Wassermatratze gegen eventuelle Stöße wirksamer er-

halten, so kann man ohneweiters das zu bewegende Gewicht mit 700—800 t annehmen, was beiläufig dem Kammergewicht des hydraulischen Aufzuges in Fontinettes gleichkommt.

Das ersterwähnte Gewicht entspricht auch einem gewöhnlichen Eisenbahnlastzuge zu 40 Waggons à 10 t, nämlich: 400 t Nutzlast, 200 t Eigengewicht der Waggons und 60 t Gewicht der Lokomotive. Derartige Lastzüge sieht man täglich ohne geringstem Anstande mit 20—25 km Geschwindigkeit verkehren, u. zw. dienen hiefür Schienen von etwa 30 kg Gewicht per laufenden Meter. Die Triebachsen der Lokomotive tragen bis zu 15 t (also  $7\frac{1}{2}$  t per Rad), ohne dass eine außergewöhnliche Abnutzung der Schienen oder der Radbandagen zu bemerken wäre.

Um nun ähnliche Verhältnisse wie bei dem eben besprochenen Güterzuge herbeizuführen, hat man einfach die Schiffskammer durch lothrechte Schnitte in mehrere Theile zu trennen, von welchen jeder einzelne sich in Bezug auf den unmittelbar daranliegenden Theil sowohl im vertikalen als horizontalen Sinne leicht bewegen kann, so dass auch die Räder, welche die einzelnen Kammertheile tragen, den eben angeführten leichten Bewegungen der Schienen folgen können. Bei dem in Rede stehenden Projekte wurde, wie bereits erwähnt, ein Gesamt-Kammergewicht von 600 t angenommen; man theilt nun diese Kammer in fünf gleich lange Theile von je 8 m Länge und 6—7 m Breite; ein solcher Theil wiegt demnach 120 t. Nun gestaltet man diese Kammern ähnlich wie Eisenbahnwaggons; man vertheilt zunächst das Gewicht auf vier Stützpunkte, welche daher je  $120 : 4 = 30$  t zu tragen haben; soll nun per Rad nur eine Last von  $7\frac{1}{2}$  t wie bei den Lokomotivrädern entfallen, so sind per Stützpunkt vier Räder nothwendig; es erhält somit jeder Kammerabschnitt 16 Räder.

Aus obiger Skizze, Fig. m, ist diese Anordnung deutlich ersichtlich. Die Achsen dieser Räder sind paarweise auf einem Truckgestelle vereinigt, so dass per Kammerabschnitt vier Truckgestelle (deren Konstruktion ähnlich jenen bei den langen amerikanischen Eisenbahnwaggons ist), vorhanden sind. Die Spurweite der paarweise gelagerten Schienen (Vignoleschienen von 38 kg per Meter) ist mit 0.800 m, die lichte Entfernung der beiden nach der Kammermitte zu gelegenen Schienen mit 5.000 m angenommen.

\*) Separatabdruck aus der Fachschrift „Chronique“ Februarheft 1885.



Fig. 1. Taf. VIII stellt zwei Kammerabschnitte in der Längenansicht dar; der untere Wagen zeigt überdies den Abschluss der Kammer nach der einen Richtung. (Anschluss an die untere Kanalhaltung.)

Selbstverständlich wird man auch hier zwei bewegliche Kammern gleicher Konstruktion anwenden, von denen die eine sich abwärts bewegt, während die andere aufwärts gezogen wird. Diese Anordnung, welche bei allen bisher ausgeführten schiefen Ebenen und hydraulischen Aufzügen ausgeführt wurde, hat den großen Vorzug, einerseits zur Bewegung der Kammern (die sich das Gleichgewicht halten) nur einer geringen Kraft zu bedürfen, andererseits den doppelten Schiffsverkehr bewältigen zu können.

Die einzelnen Kammerabschnitte oder Kammerwagen, welche durch eiserne Rahmen und Sicherheitsketten mit einander verbunden sind, müssen selbstredend an den Stellen, wo sie mit den nächstfolgenden Wagen zusammenstossen, mit ihren Seiten- und Bodenflächen wasserdicht abschließen und trotzdem die Beweglichkeit gegeneinander bewahren. Am besten eignen sich hierzu Kautschukstreifen von beispielsweise 300 mm Breite und 7 mm Dicke. Nachdem die Bewegung der ganzen Schiffskammer mittelst Drahtseiles erfolgt, welches am untersten Wagengestelle befestigt wird \*), so werden diese Kammerwagen gegeneinander mit einer Kraft gepresst, welche der der Neigung der schiefen Ebene entsprechenden Gewichts-Komponente gleichkommt. Dieser Umstand dürfte wohl den wasserdichten Abschluss sicherstellen, ohne jedoch im Geringsten die Beweglichkeit der einzelnen Kammerwagen zu beeinträchtigen.

Der Wasserdruck, den diese Kautschuk-Verbindungsstreifen auszuhalten haben, ist nicht bedeutend, da nur eine 2 m hohe Wasserschicht in den Wagen vorhanden ist.

Die beiden Enden der beweglichen Kammer sind mit Thüren abgeschlossen, welche in gleicher Weise zu konstruieren sind, wie jene des hydraulischen Aufzuges in Fontinettes. Aehnliche Thüren schließen auch die obere, bzw. untere Kanalhaltung ab. \*\*)

Antriebsrolle. Es bedurfte eines längeren und eingehenden Studiums, um eine entsprechende Rolle, an welche ganz besondere Aufgaben gestellt werden, zu entwerfen.

Auf Taf. VIII Fig. 3 ist der Schnitt und in Fig. 7 die obere Ansicht dieser Antriebsrolle oder richtiger Rollenkränzes zu sehen. Dieser Rollenkranz setzt sich aus einer ringförmigen Trommel nebst horizontal und vertikal gelagerten Rollen zusammen. Die erwähnte Trommel bildet einen ringförmigen Kastenträger aus Blech, dessen äußere vertikale Wand einen Durchmesser von 3.80 m, dessen innere konzentrisch gelegene vertikale Wand einen Durchmesser von 3.40 m hat. In halber Höhe dieses Kastenträgers ist eine horizontale Blechwand eingesetzt. Auf der oberen Fläche des Kastenträgers ist ein ringförmiger Zahnradkranz befestigt, in welchen das Transmissions-Vorgelege eingreift. Die äußere vertikale Fläche des Kastenträgers ist mit Eichenholz ge-

füttert, um dem Drahtseile bzw. der Drahtgurte eine passende Unterlage zu bieten.

Die innere vertikale Fläche stützt sich gegen eine größere Zahl von vertikal gelagerten gusseisernen Laufrollen von 0.36 m Durchmesser, welche wieder auf einer ringförmigen gusseisernen Platte, die in solider Weise im Mauerwerke befestigt ist, laufen. Nach unten zu ruht der Kastenträger auf einer dreifachen Rollenreihe, wovon zwei horizontal und eine vertikal gelagert erscheint. Die Basis für diese drei Rollensorten bildet eine in das Mauerwerk eingelassene gusseiserne ringförmige Platte, welche gegen die Längsachse der geneigten Ebene ein Gefälle von 1 : 33 besitzt.

Drahtseil. Das zum Aufziehen der Schiffskammer dienende Kabel hat die Form einer aus Stahldrähten geflochtenen Gurte von beiläufig 230 mm Breite und 30 mm Dicke. Die Länge dieser Gurte muss selbstverständlich dem ganzen, von der Schiffskammer zurückzulegenden Wege gleich sein. Die in Rede stehende Gurte ist doppelt vorhanden, wie aus der Fig. 3 Taf. VII ersichtlich ist; aus diesem Grunde erhielt der Kastenträger die mittlere horizontale Zwischenwand, um eine Trennung der übereinander laufenden Gurten zu ermöglichen. Damit nun diese Gurten beständig die gleiche Länge beibehalten, wird eine Spannvorrichtung in Gestalt eines Balanciers (Taf. VIII Fig. 6) eingeschaltet d. h. die Enden der übereinander laufenden Gurten werden an diesen Balancier in der aus der Fig. 6 ersichtlichen Weise befestigt. Diese Spann-Balanciers sind am untersten Wagen je der einen Kammer angebracht. Die Drahtgurte besteht aus 400 Stahldrähten zu je 0.0022 m Dicke; diese Drähte tragen laut Versuche bis zur Zerreißten 456 kg, somit alle 400 Drähte 182 t.

Vorrichtung zum Feststellen der Schiffskammern. Diese Vorrichtung besteht aus vier gusseisernen Cylindern, welche in den Abschlussmauer der geneigten Ebene eingelassen sind. (Siehe Fig. 4 Taf. VIII). Die Kolben dieser Cylinder, welche durch Wasserdruck bewegt werden, greifen mittelst ihrer Kolbenstangen in ein System von Hebeln mit Einfallsknaggen. Diese Einrichtung ist am ersten und am letzten Wagen je der Schiffskammer angebracht.

Maschinen. Die zum Betriebe nothwendigen maschinellen Einrichtungen umfassen:

1. Eine rund 110pferdige Turbine, welche ihr Aufschlagwasser aus der oberen Kanalhaltung bezieht; sie dient dazu, um die Antriebsrolle (Rollenkranz), die Luft- und Druckwasserpumpen und die Gangspille zu bewegen;
2. eine Druckluftpumpe, welche dazu dient, um die verschiedenen Bremsen der Kammerwägen in Thätigkeit zu setzen;
3. einen Druckluft-Akkumulator von rund 1500 l Inhalt;
4. eine Druckwasserpumpe;
5. eine Saug- und Druckpumpe zum Trockenlegen des am unteren Ende der geneigten Ebene sich ansammelnden Wassers;
6. vier hydraulische Gangspille zum Hinein- bzw. Herausziehen der Schiffe aus den Kammern.

Neigung der schiefen Ebene. Man soll dieser Ebene ein möglichst schwaches Gefälle geben, natürlich

\*) Dieser Vorschlag datirt noch von dem ersten Projekte Peslin's, während in neuerer Zeit die Anwendung eines Balanciers zum Spannen der Drahtgurten empfohlen wird. (Siehe Drahtseil).

\*\*) Wir verweisen in dieser Beziehung auf die Beschreibung des hydraulischen Aufzuges in Fontinettes, Heft III 1890 unserer Zeitschrift.

mit richtiger Rücksichtnahme auf die zum Aufziehen auf einer so schwach geneigten Ebene nothwendige Zeit.

Es muss auf einen Umstand aufmerksam gemacht werden, da sonst leicht ein Missverständnis über den Werth solch' schwach geneigter Ebenen platzgreifen könnte. Ueberschreitet man ein Gefälle von 50 m mit einer Neigung der Ebene von 0.05 m per Meter, so legt das Schiff bereits 1 km Weg zurück; dadurch ist man in der Lage, die Kanalanlage um 1 km zu kürzen. Die bei der Bewegung auf einer solch' geneigten Ebene zu erreichende Geschwindigkeit steht jener im horizontalen Kanale nicht nach. Man hat also auch keinen Zeitverlust zu beklagen. 20 Minuten genügen vollkommen, um ein Schiff über eine solche Ebene von 1 km Länge hinaufzuziehen, dies entspricht einer Geschwindigkeit von 0.83 m per Sekunde.\*)

Peslin schlägt ein Gefälle von 5 cm per Meter =  $\frac{1}{20}$  vor, um sich wo möglich an die Verhältnisse von Bergbahnen anzulehnen. Die zur Bewegung einer Schiffskammer, (welche mit 600 t angenommen wird), nothwendige Kraft wird daher bei dieser Neigung der schiefen Ebene 55 kg per Tonne, also im Ganzen  $600 \times 55 = 33.000$  kg betragen.

Nachdem nun, wie früher angeführt wurde, die zur Verwendung gelangenden Drahtgurten erst bei 182 t reißen, so bieten dieselben eine hinreichende Sicherheit.

Wagenbremsen. Um die Bewegung der Schiffskammern regeln, oder auch um im Bedarfsfalle diese Kammer sofort zum Stillstande bringen zu können, dienen die bekannten Westinghouse- (oder auch andere ähnliche) Bremsen. Jedes der 20 Truckgestelle einer Schiffskammer ist mit einer derartigen Bremse ausgerüstet, so daß auf einmal alle 80 Räder gebremst werden können.

Bekanntlich zeigt die Erfahrung, dass bei den bestehenden geneigten Ebenen, auf welchen die Schiffe schwimmend aufgezogen werden, das in der Kammer befindliche Wasser unruhige Bewegungen annimmt, wodurch auch das in der Kammer schwimmende Schiff in Mitleidenschaft gezogen wird. Diese Wasserbewegungen sind eine Folge des Ingangsetzens der Kammer oder des nicht immer gleichmäßigen Ganges derselben.

Diesen Unzukömmlichkeiten kann man jedoch durch folgende Maßregeln begegnen:

\*) Die Leistungsfähigkeit einer solchen schiefen Ebene beträgt somit pro Stunde drei Schiffe berg- und drei Schiffe thalwärts, somit pro Tag zu 12 Stunden 72 Schiffe.

a) Man binde das Schiff an den Belegbuffeln fest u. zw. mittelst Tauen, die oben am Dollbord der Kammer der Länge nach laufen. Die Enden dieser Tauc sind an den Kolbenstangen von Cylindern, welche mit Wasser gefüllt sind, befestigt. Der in jedem Cylinder laufende Kolben ist mit kleinen Oeffnungen versehen, so dass jede Bewegung des Schiffes sich auf die Kolbenstange überträgt und im Cylinder durch das Zusammenpressen des Wassers aufgehoben wird. Diese Cylinder sind am rückwärtigen Theile der Schiffskammer befestigt. Es ist dies die bekannte Methode, den Rücklauf der Geschütze auf Kriegsschiffen zu begrenzen.

b) Man befestigt in der Schiffskammer entweder in der Höhe der obersten Wasserlinie des Schiffes oder auch unterhalb derselben Holzstücke, welche zwischen sich und der Schiffswand wenig Spielraum gestatten. Man kann auch an mehreren Stellen der Kammer Querhölzer geben, welche sich der Schiffsform anschliessen. Auf diese Weise werden alle Bewegungen des Wassers sofort aufgehoben.

Kostenanschlag. Für das vorliegende Projekt hat Chef-Ingenieur Peslin die Kosten (Erd-, Mauer-, Holzarbeiten, doppelte Schiffskammer, Wagengestelle, Räder, Antriebsrolle, Turbine, Druckpumpen) ausschliesslich unvor-gesehener Ausgaben beim Baue, auf 1,200.000 Franks veranschlagt.

Der mit der geplanten geneigten Ebene überschrittene Höhenunterschied beträgt, wie eingangs erwähnt wurde, 51.20 m, es stellen sich daher die Kosten per Meter Gefälle auf 23.437 Franks.

Dieser Betrag verringert sich jedoch noch ganz bedeutend, wenn man berücksichtigt, dass für die 1 km betragende Länge der geneigten Ebene auch 1 km Kanal erspart wird, so dass von den Anlagekosten der schiefen Ebene pro 1,200.000 Francs die Kosten für 1 km Kanal von rund 200.000—300.000 Franks (den Terfainverhältnissen entsprechend) in Abzug zu bringen sind. Dadurch stellen sich dann die Anlagekosten auf rund 1 Million Franks, also per Meter Gefälle nur 19.500 Franks.

Zum Schlusse möge noch bemerkt werden, dass Chef-Ingenieur Peslin das oben besprochene Projekt auch für den in Bälde zur Ausführung gelangenden Canal du Nord (einer Verbindung des Kanales de la Somme mit jenem de la Sensée) vorschlug. Auf 42.73 km Länge, welche dieser Canal du Nord erhalten wird, entfallen drei geneigte Ebenen von je 32, 34 und 48 m Gefälle. Dadurch wird es möglich, Haltungen von 14 bis 26 km Länge zu erzielen.

## Ueber die Lawinen Oesterreichs und der Schweiz\*) und deren Verbauungen.

Vortrag gehalten in der Plenarversammlung des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines am 29. November 1890 von Vincenz Pollack, Ober-Ingenieur der k. k. Generaldirection der österr. Staatsbahnen.

(Hiezu Tafel IX—XI.)

Wenn ich im Nachstehenden Beobachtungen und Studien vorzuführen mir erlaube, die im großen Ganzen

\*) Die geringe zur Verfügung stehende Vortragszeit gestattete leider nicht, auch auf die Verbauungen Frankreichs einzugehen; doch behalte ich mir vor, auch über dieselben seinerzeit Mittheilungen zu machen.

nur selten behandelt werden, so muß ich wohl die Veranlassung hiezu mit einigen Worten auseinandersetzen.

Schon in meinem letzten Vortrag über die Anwendung der photogrammetrischen Terrainaufnahme im Gebirge habe ich erwähnt, dass ich im Frühjahr 1889 von meinem hoch-

verehrten Chef, Herrn Hofrath und Baudirector Friedrich Bischoff, beauftragt war, Studien für die Sicherung der Arlbergbahn gegen Lawinen zu pflegen und haben die Resultate derselben, nachdem ich vorher die wichtigsten Lawinengebiete Oesterreichs einer Besichtigung unterzogen hatte, ihren Ausdruck in einem umfangreichen Projekt gefunden, das bereits in Ausführung steht und auf mehrere Jahre vertheilt ist, um nach Maßgabe der in den Wintern gemachten Erfahrungen schrittweise vorgehen zu können.

Dieser Projektarbeit schloß sich im heurigen Frühsommer eine größere Studienreise in die Schweiz an, wo ich auf Grund der Empfehlung des hiesigen schweizerischen Gesandten und bevollmächtigten Ministers Herrn A. O. Aepli und durch gütige Erlaubnis seitens des Herrn Bundesrathes Deucher in Bern, die Begleitung des bekannten Ober-Forstinspectors Coaz, der Forst-Inspectoren Merz und de Torrenté, sowie zahlreicher Forstleute und Ingenieure zu den hervorragenden Lawinenbauwerken des genannten Landes genoss. Die ausserordentliche Zuverlässigkeit der genannten Herren, mich in meiner schweren Aufgabe zu unterstützen, macht es mir zur angenehmen Pflicht, denselben an dieser Stelle meinen besten Dank auszudrücken. Die Tour erstreckte sich von Landeck in's Samnaun und Engadin, sodann über den Maloja in's Bergell. Nach Besichtigung der Bauten zwischen Faido und Airolo bis Ronco im Bedrettothal ging es von Göschenen über Andermatt und Furka nach Leukerbad, um mit den Verbauungen bei Interlaken zu schließen. Ich hatte absichtlich die Begehung in jene frühe Jahreszeit verlegt, um, wenn möglich, den einen oder anderen Verbau noch im Schnee zu finden, was auch der Fall war.

Die über Lawinen vorhandene Literatur ist von sehr geringem Umfange und leidet außerdem noch, wie ich mich allmählig immer mehr und mehr überzeugte, an vielen unrichtigen Angaben, Verwechslung von Vermuthungen mit Beobachtungen u. dgl. Mit meist zu wenig eigentlicher Beobachtungsgabe ausgerüstete Landleute, Holzfäller, Jäger, zum Theile auch Forstleute sind meist diejenigen, auf deren Erzählungen und Vorstellungen mancher Schluss aufgebaut ist und vom Jägerlatein zum Lawinenlatein ist oft nur ein Schritt. Wenn im Winter der Schnee die Hochgebirge deckt, so wird die Zugänglichkeit sehr erschwert; es hat auch Niemand einen besonderen Anlass anstrengende oder gefährliche Hochgebirgstouren zu wagen, und so ist man bisher bei abgehenden Lawinen bezüglich ihrer Veranlassungen und sonstiger Verhältnisse zumeist auf mehr oder minder passende Vermuthungen, die im Thale aufgestellt werden, angewiesen. Wenige Naturerscheinungen werden dabei mit so viel Phantasie ausgeschmückt, als die Lawinenstürze. Ich hatte am Arlberg meine liebe Noth, streng Thatsächliches, wirklich Gesehenes oder Erlebtes zu erfahren und die zahlreichen Unmöglichkeiten und Uebertreibungen nach und nach auszusondern. Auch selbst unmittelbar von einer Lawine Betroffene wußten keine Angaben zu machen, so z. B. zwei Arbeiter, von denen der eine in den Telegraphendrähten hängen blieb und der andere über 100 m thalab geschleudert wurde, ohne daß sie ihre Besinnung verloren hatten.

Die allgemeine Meinung über die so sehr gefürchtete Unzugänglichkeit der Gebirge im Winter mag wohl hauptsächlich dadurch entstanden sein, daß nie ernstliche Versuche gemacht wurden, den Hindernissen systematisch zu Leibe zu gehen.

Ich habe im verflossenen und heurigen Winter einen regelrechten Kundschafterdienst am Arlberg eingerichtet, der nach einer provisorisch entworfenen Instruktion Klärung über die obwaltenden Schneeverhältnisse der Lehnen bis zu den Kämmen, also bis zur Höhe von 2000 m und darüber erbrachte. Zwei bis vier entsprechend ausgerüstete Männer, denen ich mich dann anschloß, sobald besondere oder lehrreiche Vorkommnisse zu beobachten waren, überwältigten alle Hindernisse, manche sogar leichter als in schneefreier Zeit, z. B. glatte Felspartien, welche erst durch Schneelagen nicht zu losen Charakters zugänglich wurden.

Bezüglich ausführlicherer Mittheilungen über „Schnee, Temperaturen in und Bodentemperaturen unter demselben, die Dichten, Messungen und größten Mengen desselben, Schneeablagerungen und Bewegungen“ verweise ich auf einen von mir in der Fachgruppe der Bau- und Eisenbahn-Ingenieure gehaltenen Vortrag\*) und beschränke mich hier darauf anzuführen, daß die daselbst mitgetheilten Messungen von Schneemengen am Wendelstein und Arlberg an Schneepegeln vorgenommen wurden, wie sie bisher leider erst nur in Bayern und Russland üblich sind. Am Arlberg werden derartige Ablesungen seit zwei Jahren vorgenommen.

Nachdem gewisse Beziehungen nicht nur zwischen Schneehöhen und Lawinen, sondern auch zu den Wasserabflussmengen, zur Hochwasserprognose, zur Schifffahrt auf Flüssen u. dergl. bestehen, so behalte ich mir vor, bei passender Gelegenheit einen Antrag einzubringen, daß der österr. Ingenieur- und Architekten-Verein die Initiative ergreife, auch in Oesterreich an möglichst zahlreichen Beobachtungsstellen der Methode der täglichen Schneemessungen an Pegeln Eingang zu verschaffen.

Die Lawinen können in verschiedener Form auftreten. Wenn an hochgelegenen Steilhängen abgerissene, also in Bewegung gerathene Schneemassen statt noch oben in derselben gehemmt zu werden oder zur Ruhe zu kommen, früher oder später eine weitere, allmählig raschere Bewegung annehmen, so fahren sie als Grund- oder Massenlawinen zu Thal. Findet dies in den oberen Theilen einer Runse statt, so können sich die in derselben angesammelten Schneemassen („Nachschübe“) mehr oder weniger daran betheiligen. Lose Schneemassen, die infolge ihrer Lockerheit oder durch heftige Windströmungen zu Thal fliegen, geben die Staublawinen. Die im oben erwähnten Vortrag näher beschriebene, größtentheils über das Reußthal hinweggeflogene Staublawine vom St. Gotthard bei Wasen ist eine Vertreterin dieser Form, welche indessen in dieser Art als reine Staublawine weniger häufig ist, dagegen als gewöhnliche Staublawine oft eintritt, wenn der lockere Schnee infolge zunehmender Mächtigkeit

\*) Wochenschrift Nr. 8 u. s. w.

zum Theil staubartig längs dem Boden, zum Theil als lockere Grundlawine thalab geht, was während oder nach grösseren Schneefällen der Fall sein kann. Solche lockere Grundlawinen schaden namentlich weniger als schwere, welche durch ihre kompakte Masse verheerend wirken, während bei Staublawinen der durch sie erzeugte Luftdruck schadenbringend ist. Als Oberlawinen sind solche zu bezeichnen, deren Abriss nicht auf dem unterlagernden Boden, sondern höher auf oder in den Schneelagen selbst erfolgt. Dieselben können selbstverständlich alle drei soeben beschriebenen Formen annehmen.

Abrutschende Schneemassen oder Lawinen von kleinem Umfange werden als Schneerutsche bezeichnet. Die angeführten Fälle sind als Grundformen zu betrachten und sind nach örtlichen Verhältnissen auch verschiedene Bezeichnungen üblich, auf die jedoch nicht eingegangen werden soll.

Ich gehe nun an die Vorführung der einzelnen von mir an Ort und Stelle studirten Lawinengebiete, und berühre zu gleicher Zeit dort, wo Bauten in Anwendung gebracht wurden, die Anlage derselben, wobei ich mich thunlichst beschränke, anderweitige Veröffentlichungen zu wiederholen.

### Lawinen Oesterreichs.

Lawinen des Koppenthales. Im Jahre 1879 hat Herr Regierungsrath Morawitz über dieses Thema, sowie über die Lawinen vom Sonnstein einen Vortrag in unserem Vereine gehalten. Es sind seither eine Reihe von Beobachtungen und Ergänzungen gemacht worden, die ich zur Vervollständigung anfügen will. Ich möchte hier besonders hervorheben, dass es im Thale sehr schwierig ist, die eigentliche Windrichtung festzustellen. Infolge der stark gewundenen Ausbildung des Koppenthales ist es leicht möglich, daß westliche Winde im mittleren Theil desselben zwischen dem vorderen Sarstein und Koppen und in Aussee als von Süden herwehend angesehen werden können, im Ost-West streichenden Thaltheil als Westwind und im Thal der Kainisch-Traun zwischen dem Radling und Koppen, welches nahezu Nord-Süd streift, als Nordwind. Außerdem wissen wir nicht, wie bereits besprochen, in welchen Höhen sich in einem solchen Falle die Hauptwindrichtung und deren Ablenkungen geltend machen, obwohl dies erwünscht wäre, indem der Aufbau der Schneemassen an den Hängen zusammenhängt. Es sind daher Angaben über Windrichtungen nahezu wertlos, wenn nicht beigelegt ist, wo, bzw. in welcher Höhe dieselben gemeint sind.

Der Rücken des Sarsteines, der bezüglich der Lawinen hauptsächlich in Betracht kommt, zieht von Nord nach Süd von 1973 m bis 1728 m abfallend, zwingt also die feuchten westlichen Strömungen wenigstens theilweise zu einem erneuten, mit Niederschlägen verbundenen Aufsteigen. Sowohl der im Westen des Sarsteins liegende Hallstädtersee, als auch das am andern Ufer, dem Sarstein gegenüberliegende, West-Ost streichende Gosauthal erleichtern sehr den Zutritt der westlichen Strömungen. Da keine speziellen Schneemessungen vorliegen, so bleibt, um einigermaßen einen Maßstab zur Beurtheilung der Schnee-

verhältnisse der Gegend zu gewinnen, nichts Anderes übrig, als die Niederschläge vom Markt Aussee und Alt-Aussee zu betrachten. Der erstere Ort mit der Meereshöhe von 660 m liegt etwa 6–7 km östlich vom Sarstein, also im Windschatten, und zeigt einen Jahresniederschlag von 1468 mm, wovon für die Monate mit Schneefall 560 mm entfallen. Im letzteren, weiter gegen Westen, in der Meereshöhe von 950 m, liegenden Ort mit einem Jahresniederschlag von 1971 mm sind für die gleichen Schneefallmonate 713 mm notirt. Es sind dies Ziffern, die zu den höchsten in den Alpen zählen, und kann es nach dem Gesagten keinem Zweifel unterliegen, dass am Sarstein selbst ganz bedeutende Schneemassen zur Ablagerung gelangen, was auch aus den enormen Schneeschildbildungen hervorgeht.

Seit 1879 sind im Koppenthale häufig Lawinenstürze eingetreten, die besonders stark in den Jahren 1884 und 1883 sich bemerklich machten. Nach starken Schneefällen am 13. und 14. Jänner 1884\*), welcher letzterem in der Nacht ein starker Regen folgte (eine Angabe, die wohl nur für den Thalgrund gelten mochte), ergab eine am Morgen des 15. Jänner unternommene Rekognoszirung, dass die gewöhnlich zuerst kommenden Lawinen in den beiden Theilen des Wassergrabens, ferner im Steinig-, Brückel- und Gangsteig-Graben niedergegangen waren. Am 16. Jänner erfolgte um 1½ Uhr Nachts der Niedergang der Schneegarben-Lawine, die die Bahn auf eine Länge von 272 m und in einer Höhe von 12 m bedeckte. Die Traun durchbrach um 4 Uhr Morgens die Schneemassen.

Die Lawine des Steiniggrabens, welche durch die Traun hindurch auf die Bahn emporstieg und dieselbe auf eine Länge von 60 m und in einer Höhe von 1 m überschüttete, zerstörte die Telegraphenleitung und schleuderte ein Feld der Bedielung des Durchlasses bei km 35⅓ an die Berglehne.

\*) Im Nachfolgenden sind einige meteorologische Beobachtungen von Alt-Aussee (Markt Aussee fehlt) angegeben. Die Beobachtungsstunden waren 7h 2h 9h, die Niederschlagsmessung wurde 7h früh vorgenommen und sind die angegebenen Maximaltemperaturen der höchste Werth der täglich dreimaligen Beobachtungen. Im Dezember 1883 waren 277.5 mm zu meist Schnee gefallen.

Jänner 1884	Niederschlag mm	Maximaltemperatur
1.	—	+ 0.5
2.	—	— 1.0
3.	—	+ 5.1
4.	2.5 *	+ 1.8
5.	8.0 †	+ 1.8
6.	3.1 †	+ 1.6
7.	4.5 †	+ 2.0
8.	11.4 *	+ 1.0

\* Schnee, † Regen.

Jänner 1884	Niederschlag mm	Wind und Windstärke im Thal	Maximaltemperatur
9.	—		+ 1.0
10.	—		— 1.0
11.	—		+ 2.1
12.	—		— 1.5
13.	10 *	(7h 2h 9h)	— 2.2
14.	20 *	NE <sub>1</sub> W <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	— 1.6
15.	35 *	N <sub>3</sub> S <sub>6</sub> N <sub>6</sub>	— 1.0
16.	45 *	E <sub>1</sub> W <sub>2</sub> W <sub>1</sub>	+ 1.0
17.	37.5 *	Schneetiefe 2.1 m	+ 0.6

Die Verhältnisse im Winter 1888 gestalteten sich noch ungünstiger als früher. Nachdem bereits bedeutende Schneefälle mit abwechselndem Thauwetter vom 24. bis 29.)\* Jänner stattgefunden hatten, trat am 4. Februar neuerlich ein heftiger Schneefall ein, der bis zum 11. Februar dauerte. In der Nacht vom 5. bis 6. Februar gingen im Koppen-thale von den Gängen des Sarsteins, und zwar nur von den untersten Partien sieben Lawinen nieder (und zwar bei km 352/3, 347/8, 352/3, 359/10 und zwei Lawinen bei km 362/3).

In der Nacht vom 8. auf den 9. Februar kam bei Schneefall die große Schneegraben- und die Holzwerk-graben-Lawine herab; beide bedeckten die Bahn 100 m lang und 6—4 m hoch. Die aus dem Schneegraben nieder-gefahren Lawine war eine Staublawine, welche, ohne das Flussbett der Traun zu berühren, über dieselbe auf die Bahn abstürzte.

\*) Die in der meteorologischen Centralanstalt (Hohe Warte) erhobenen Daten für Alt-Aussee sind folgende: Dezember 1887: 147.3 mm, zumeist \*, Jänner 1888: 266.7 mm \*, in den letzten 9 Tagen allein unter NW<sub>3</sub>, NW<sub>5</sub>, N<sub>7</sub>, S<sub>3</sub> Schneegestöber 134.0 mm.

Februar 1888	Niederschlag	Wind (Thal)	Maximaltemperatur
1.	—		
2.	—		
3.	—	(7h 2h 9h)	
4.	1.5 *	N <sub>3</sub> SE <sub>3</sub> NW <sub>7</sub>	— 0.1
5.	35.4 *	NW <sub>7</sub> NW <sub>4</sub> NW <sub>6</sub>	— 1.0
6.	50.6 *	W <sub>6</sub> NW <sub>2</sub> SE <sub>2</sub>	— 0.8
7.	24.8 *	NE <sub>3</sub> NE <sub>2</sub> NW <sub>4</sub>	— 3.2
8.	35.3 *	NW <sub>5</sub> NE <sub>3</sub> NE <sub>3</sub>	— 1.6
9.	38.5 *	N <sub>5</sub> NE <sub>6</sub> NW <sub>2</sub>	— 4.0
10.	14.5 *	SE <sub>2</sub> NE <sub>3</sub> NW <sub>3</sub>	— 1.3
11.	23.5 *	(Schneetiefe 3.5 m)	+ 1.8
12.	—		—

Bis Ende Februar 234.6 mm

März 1888	Niederschlag	Wind	Maximaltemperatur
1.	1.0 *	—	— 4.8
2.	—	—	— 2.8
3.	5.0 *	—	— 2.7
4.	13.6 *	—	— 9.9
5.	7.4 *	—	— 7.5
6.	25.8 *	—	— 3.0
7.	14.8 *	—	+ 0.6
8.	6.8 *	—	+ 3.8
9.	—	—	+ 8.0
10.	—	—	+ 9.2
11.	10.0 † *	—	+ 8.0
12.	14.0 † *	—	+ 4.2
13.	1.0 *	—	+ 1.0
14.	16.5 *	—	+ 3.1
15.	8.5 *	—	+ 5.6
16.	13.5 † *	—	+ 5.6
17.	1.5 †	—	+ 7.4
18.	2.5 *	—	+ 0.6
19.	10.4 *	—	— 0.9
20.	7.6 *	—	+ 1.6
21.	—	—	+ 6.6
22.	—	—	+ 5.2
23.	2.0 *	—	+ 3.3
24.	—	—	+ 7.6
25.	—	—	+ 10.0
26.	—	—	+ 3.9
27.	0.5 * †	E <sub>2</sub> W <sub>2</sub> NW <sub>3</sub>	+ 12.7
28.	0.8 †	SW <sub>2</sub> SW <sub>2</sub> SW <sub>5</sub>	+ 14.6
29.	—	SW <sub>3</sub> SE <sub>5</sub> NW <sub>5</sub>	+ 13.2
30.	1.0 *	E <sub>2</sub> SE <sub>3</sub> NE <sub>3</sub>	+ 9.6
31.	2.0 *		+ 4.7

Die Holzwerkgraben-Lawine, welche bisher niemals die Bahn erreicht hatte, sondern nur bis in die Traun abfiel, rasirte einen Waldstreifen und führte Baumstämme mit Wurzeln und Scheitholz nicht nur zu Thale, sondern auch auf den Bahnkörper.

Die Schilderung der nachfolgenden Ereignisse entnehme ich einem Bericht des Ober-Ingenieurs A. Richter in Markt Aussee vom April 1888:

„Welch' bedeutende Schneemassen am Sarstein gesammelt und abgelagert waren, zeigte sich namentlich an den am steilen Felskamme hinziehenden Silberstreifen der Ueberwehen oder Schilder, welche bis 20 m hoch waren und bei 10 m Breite eine Länge von 500 m erreicht hatten. Gleichwohl waren es nicht diese Schilder, sondern die auf den Hängen des Gebirges befindlichen Schneemassen, deren Absturz zu gewärtigen stand, nachdem ein Abgehen oder Brechen der Schilder nach den bisherigen Erfahrungen nicht erfolgt war, sondern diese aus vereistem Schnee bestehenden überhängenden Wände, welche band- oder gesimsartig längs dem Grate des Gebirgsverlaufes von unten deutlich ersichtlich sind, trotz der scheinbar gefährlichen Lage, niemals eine durch Bruch entstandene Lücke zeigten, sondern stets durch allmähiges Thauen abgegangen waren.

Am 27. und 28. März trat heftiger Südwind auf (man vergleiche die meteorologischen Annalen von Alt-Aussee und die Bemerkungen S. 20), welcher den Rest des Schnees in den Thalgründen fortnahm und aus den Lawinengraben massenhaft Schnee zum Abschmelzen brachte; in der Nacht vom 28. auf den 29. März steigerte sich die Heftigkeit des Sturmes, welcher auch die Wartehalle Hallstadt demolirte, zu orkanartiger Gewalt, Windbrüche und Steinstürze erfolgten längs der ganzen Sarsteinlehne, die Schilder am Kamme des Sarsteins aber blieben intakt. Am 29. legte sich der Sturm und kalte Witterung folgte. Am Morgen des 30., um 6<sup>h</sup> 40<sup>m</sup>, erfolgte der Abgang einer Lawine aus dem großen Schneegraben. Schwere knollige Schneemassen verschütteten die Traun und den Bahnkörper, letzteren auf 180 m Länge und bis zu 9 m Höhe. Die Traun staute sich und überfluthete das Bahn-niveau. In dem Stauwasser der Traun und getrennt von den übrigen Schneemassen lagen große, offenbar von den Schildern herrührende und Felsbänken ähnliche Schneetrümmer, welche deutlich die gebänderte Struktur der einzelnen Schneeschichten zeigten. Die Abbruchstelle selbst zeigte sich deutlich, und zwar war es das äußerste und zunächst der hohen Sarsteinspitze (1973 m Seehöhe) gelegene, etwa 30—40 m lange Ende der Ueberwehen, welches abgebrochen war. Die Möglichkeit, dass dasselbe in seinem Sturze die schweren, im Lawinengange lagernden Schneemassen mit sich fortriss und zu Thale führte, ist somit nicht ausgeschlossen.

Der Rücken der Lawine überragte den steinernen Schutzdamm der Bahn um 7—8 m, die Traun 20 m. Die Flächenausdehnung der Lawine selbst war bedeutend kleiner als jene im Jänner 1881, indem links der Bahn (bergseitig) nur wenig Terrain bedeckt war. Nach erfolgtem Durchbruch der Traun durch die Lawine verlief sich das Wasser, welches inzwischen bedeutende Schneemassen und

insbesondere die von den Ueberwehen herrührenden Schneebänke aufgelöst und zerstört hatte, mit großer Raschheit. Am 4. April riss noch eine kleine Partie nächst der alten Abbruchstelle ab, welche im Lawinengang niederrollte, ohne jedoch zu Thal zu kommen.“

Die Lawine hat nicht nur ein Stück des steinernen, an der Krone 4 m breiten Schutzdammes auf eine Tiefe von 2 m rasirt, sondern auch die Schienen auf 35 m Länge abgerissen, mannigfach verbogen und zerbrochen, so dass nur die Schwellen und einige Unterlagsplatten im Schotterbett blieben. Die Masse des für die Bahn herzustellenden Lawinenschlitzes betrug 2750 m<sup>3</sup> gegen 4900 m<sup>3</sup> im Jahre 1884 und 11.500 m<sup>3</sup> im Jahre 1878. Die Kosten der Schneeräumung beliefen sich auf 850 fl. (554 Tagschichten).

Die Anbruchstellen der Lawinen des Gebietes liegen gewöhnlich am Fuße steilerer Partien, indem der Schnee sich dort sammelt und sodann abbricht; solche Stellen zeigen noch im Mai vorhandene Schneereste. Von Aussee gegen Obertraun nimmt die Steilheit der Sarsteinlehne immer mehr zu und die Lawinen werden immer weniger schädlich.

Das Brückelgrabenleitwerk hat bisher ganz gute Dienste geleistet, und hat man mitunter das Gerinne, wenn es mit Schneemassen angefüllt war, durch Handschaukelung freigemacht und den Schnee zu einem thalseitigen Damme aufgebaut, um nachkommenden Schneemassen Raum zu machen.

Die ganze Lehne ist mit Ausnahme der Lawinenzüge selbst bis zur Krummholzgrenze bewachsen.

Lawine am Sonnstein. Die Lawine im Antenwinkel wurde infolge ihrer Gefährlichkeit für die Bahn bereits im Jahre 1878 abgebaut und sind seither einige Erfahrungen gemacht worden, welche zur Ergänzung der Bauten im Jahre 1882 führten, wie aus den Fig. 1 bis 5, Taf. IX ersichtlich ist.

Die obere Partie der Sonnsteinlehne bilden 200—300 m hohe Felsen. Am Fuße derselben sollen die Anbrüche der Lawinen sein, welche größtentheils in den oberen Lawinengang des Antenwinkelgrabens gelangen. Diese Schneemassen sollen durch das Mitte der Achtziger Jahre kergestellte hölzerne Leitwerk von der Bahn abgeleitet und unschädlich auf eine Terrasse über dem Tunnel oder in den See geführt werden. Das Leitwerk hat bisher allen gekommenen Schnee von der Bahn zurückgehalten, nur hat man dasselbe an einer Stelle um einen halben Meter erhöht, wo durch den Abprall der Schneemassen an einem Felskopf die Wucht des Sturzes auf das Leitwerk vergrößert wurde. Dasselbe war im Winter 1888 vollständig mit Schnee hinterfüllt und scheint überhaupt der größte Theil des Lawinenschnees an dem Leitwerk selbst liegen zu bleiben, so dass dasselbe eigentlich nicht als Ablenkungswerk, sondern als Schneefang wirkt. Es ist mittelst Pfostenverschalung dicht hergestellt. Der Holzboden hat sich insoferne nicht bewährt, als er sowohl leichter Zertrümmerung, als auch rascher Verfaulung durch das Schmelzwasser der lange liegen bleibenden Schneemassen unterliegt. Dermalen sind bereits sämtliche in den Jahren 1878 und 1882/83 ausgeführten 1·8—3·0 m hohen Schnee-

fänge (Schneekörbe) und 6—9 m hohen Runsensperren durch Schienenständer und Altschwellen-Riegel erneuert und müssen alljährlich einer Nachbesserung unterzogen werden. Die abgebaute Fläche ist behufs Aufforstung mit einem Drahtzaun gegen Wildverbiss geschützt.

Lawinen im Gesäuse. Die Lehnen des engen Thales sind zumeist gut bewaldet und finden sich zahlreiche im Besitze der Bahn befindliche Schutzwälder, welche seit der Verstaatlichung der Linie von den Forsttechnikern der politischen Behörde, ähnlich wie am Arlberg, bewirthschaftet werden. Die größte Zahl der Lawinen auf der Bahnseite kommt aus Runsen, die wohl steinschlägig aber nicht mührenführend sind. In denselben wurden Schneefänge bis 3 m Höhe aufgeführt oder auch eine Verpfählung aus Schienen (Schienenpallisaden) 2 m hoch und 1—2 m entfernt aufgestellt, und zwar in ganz beträchtlichen Entfernungen, welche Maßregeln zumeist genügten, um den Bahnbetrieb vor Störungen zu schützen. Vor und nach der Station Hieflau kommen von der der Bahn am anderen Ufer der Enns gegenüberliegenden Lehne zwei bedeutende, nicht allzuhäufig fallende Lawinen mit breitem Gebiet und hohen, kahlen oder nur schwach bewachsenen Anbruchstellen herab, welche über die Enns auf den Bahnkörper abstürzen und denselben auf namhafte Länge mehrere Meter hoch verschütten.

An zwei Bahnstellen im Gesäuse sind Schutzdächer aus Schienen und Holzbelag ausgeführt. Dieselben haben ihrem Zweck entsprochen und sind die 1·5—2·0 m entfernt aufgestellten Schienengesperre und Ständer durch andreas-kreuzartige Längsverstrebungen verstärkt. Ober dem Westportal des Gesäuse-Eingangtunnels ist ein Lawinenleitwerk ausgeführt, welches bis zum Winter 1883 keinen Anlass zu einer Ergänzung gab. Im genannten Jahre ergoss sich aber die Lawine über das Bauwerk in den Tunnelvoreinschnitt, weshalb seither zwei Schneefänge unterhalb desselben ausgeführt wurden. In den Fig. 6 bis 10, Taf. IX, ist die ganze Anlage dargestellt und daraus ersichtlich, dass das Leitwerk ohne Zweifel unter zu großem Winkel zur Lawinenrichtung steht, daher weniger ein Ableiten, als vielmehr ein Uebersteigen platzgreifen konnte.

Lawinen am Brenner. Die Hauptrichtung des Brennerpasses streicht Nord-Süd und ist es daher selbstverständlich, dass die Thalbeobachtungen vorherrschend Nord- und Südwinde aufweisen, da nicht nur der tägliche Gang der eigentlichen Thalwinde, sondern auch die Ablenkungskomponenten der herrschenden Oberwinde in der Thalrichtung streichen müssen. Außer diesen treten durch Brechung an den Bergen noch Nebenwinde auf, welche, sich insoferne für den Bahnbetrieb nachtheilig erweisen, als dieselben an jenen Bahnstellen, wo sich die Thalachsen oder deren Verlängerungen schneiden, Wirbelwinde bilden, welche Schneeverwehungen verursachen\*). Außer beim Austritt des Schmiren-, Valfer-, Oherberger- und Vennerthales treten störende Verwehungen an jenen Stellen auf, wo der Wind die Bahn in einem mehr oder weniger spitzen Winkel schneidet.

\*) Entgegen diesen an Ort und Stelle eingeholten Angaben ist wohl eher anzunehmen, dass der aus den Seitenthälern kommende Wind der eigentliche Hauptwind ist, was aber für die Verwehungen im Thale selbst keine Bedeutung hat.



Die Winterniederschläge am Brenner erreichen gegen- über Ost-West streichenden und in West geschlossenen Thälern keine abnorme Größe. Schneefälle bei Südwind reichen kaum bis Gries an der Nordabdachung des Brenners, jene bei Nordwind nur bis Schelleberg, südlich des Brenners. Schneefälle bei Windstille sind selten.

In der Strecke Steinach-Gossensass kommen sowohl Grund- als Staublavin vor. Als Vorsichtsmittel gegen erstere dienen koulissenartig gestellte Systeme von Blockwänden zumeist aus Schienenständern und Rundholzriegeln. In diesen Wänden sind auch Bretterthüren, die bei Heu- oder Holzabbringung geöffnet werden. Solche Wände kommen bei Schelleberg  $1\frac{1}{2}$  m hoch und am steilen, felsigen, zufolge eines Waldbrandes durch Funkenflug kahl gewordenen Padaunerberge bei Gries vor. Den Erfolg dieser Wände bezeichnet der dortige Sektions-Ingenieur Eickhof, dem ich vielfach zu Dank verpflichtet bin, als einen „mäßig guten“. Derselbe sieht als einzig richtiges Mittel der Beseitigung des durch Lawinen auf die Bahn gerathenen Schnees die Handschaufelung an, da Schneepflüge leicht entgleisen, und bemerkt ferner: „Gefahr für Lawinen tritt bei Thauwetter und einer Schneehöhe von über 30 cm ein. Windlawinen bilden sich gern bei streitenden Winden, wenn sonst Wirbelwinde entstehen würden.“ Am Gott- hard hingegen durchbricht man nach vorhergegangener Sondirung die Lawinenkegel thunlichst mit Schneepflügen.

In gewöhnlichen Wintern bleiben zwei Lawinen zwischen Brenner und Brennerbad bei km 114—115 meist auf einer Terrasse ober der Bahn liegen, in sehr ungünstigen Wintern jedoch erreichen dieselben die Bahn (1878 und 1888) und hat eine davon im Jahre 1878 ein Wächterhaus rasirt.

Als Abwehr gegen Schneeabstürzungen und Lawinen wird auch die Sperrung des zweiten, bergseitig liegenden Geleises auf der Strecke Steinach-Gries-Brenner angeordnet. Es ist begreiflich, dass eine versuchte Freimachung von Schnee an der Bergseite, wo die hohen und steilen An- oder Einschnittsböschungen mit einer bedeutenden lockeren Schneemasse bedeckt sind, welche allmählig zuerst den Bahngraben und dann den bergseitigen Theil des Planums anfüllt, immer weitere und größere Massen in Bewegung bringen würde, ohne das Geleise frei halten zu können.

Ein seltenes Beispiel der Wirkung einer Lawine gibt jene, welche am 14. April 1888 im Schoassenbach bei km 122.9 in der Schleife Schelleberg-Gossensass zum Absturz kam und ein großes gewölbtes Bahnobjekt von 15.172 m Spannweite und 8.5 m größter bergseitiger Licht- höhe (Segmentgewölbe mit 3.793 m Pfeilhöhe und 1.11 m Stärke) demolirte. Dasselbe liegt in der gegen Süden ab- dachenden Berglehne in einem breiteren Kessel mit schwächerem Gefäll, der sich vom Einlauf bis auf 30 bis 50 m erstreckt, an dem aufwärts ein enges, steiles, nahezu einfüßiges Gerinne anschließt, welches ober der Wald- grenze von steilen Weideflächen umrahmt ist. Die Brücke ist zwar eine senkrechte zur Bahn, verquert jedoch den Grabenlauf schief. Am Nachmittag des genannten heiteren warmen Tages, welchem eine Reihe schöner Tage mit

Thauwetter vorhergegangen war, erfolgte der Absturz der Lawine, deren Kegelfläche 5 m über der Brückenbahn stand, und war der Schnee so fest, dass er mit dem Pickel ge- wonnen werden musste. Vermuthungsweise wurde der Vor- gang folgendermaßen erklärt: Das Object scheint sich zu- erst mit dem über der einfüßigen Lehne herabrutschenden Schnee gefüllt zu haben, indem eine Stauung an dem be- deutend flacheren Gefälle ober- und auch unterhalb des Objectes, als auch durch die schiefe Stellung desselben zum Lawinenlauf verursacht wurde, und hat der Schub das Gewölbe gehoben, so dass die weitere Zertrümmerung des- selben und eines Theiles der Widerlager und Flügel leicht von Statten ging. In den Zeichnungen Fig. 11—17, Taf. IX, ist der Umfang der Zerstörung ersichtlich gemacht, desgleichen auch die Wiederherstellung des Hausteingewölbes sammt Ver- stärkung der Flügel. Das eingeleisige Provisorium aus verdübelten (verkeilten) Trägern konnte aus Innsbruck her- beigeschafft werden. Die untere Trace der Bahnentwicklung wurde von der Lawine nicht erreicht und dauerte die Be- triebstörung mehrere Tage. Es ist dies der einzige mir be- kannte Fall, dass ein größeres vollkommen aus Stein her- gestelltes Object von so bedeutender Breite (zweigeleisig) zerstört wurde, und mag dies, wie bereits angedeutet, im Zusammenwirken mehrerer ungünstiger Momente gelegen haben: zu flaches Gefälle vor und im Object, Steilabhang unmittelbar davor, schiefe Stellung desselben, Stauung der Schneemassen und dadurch bedingter Druck auf das Ge- wölbe von unten, dem dasselbe nicht gewachsen waren.

Lawinen im Drauthal, zwischen Mittelwald und Lienz. Außer einigen kleineren Lawinen sind es besonders zwei, welche zeitweise die Bahn bedrohen, und zwar die Lawine im Wasserfallgraben km bei 283.84 und jene in der Klausen bei km 274.55. Erstere ist im Jahre 1876 (Fig. 1, Taf. X) in zwei Theilen abgegangen. Der erste Sturm ging bis an die Bahn mit festem Schnee, der zweite überschüttete die- selbe, doch war er so locker, dass, nachdem man einen schmalen Schlitz ausgehoben, der Rest durch einen mit zwei Maschinen geschobenen Schneepflug durchbrochen werden konnte. Die Gewässer der Drau durchnagten bald die Schneemassen mit einem Tunnel. Das hoch liegende Anbruchsgebiet liegt in kahlen Felsflächen, und wurde seinerzeit zwar ein Projekt behufs Schutz der Bahn aus- gearbeitet unter Zugrundelegung einer Schneefangtype aus Schienen und Drahtgeflecht, doch scheiterte die Ausführung an den unverhältnismässig hohen Kosten. Anfangs Juni 1888 ging die Lawine wieder ab, erreichte jedoch nur den Fuß des Bahndammes, der durch das gestaute Drau- wasser in seiner Böschung beschädigt wurde, doch blieb das Bahnplanum selbst vollkommen intakt.

Mehr Interesse erweckt die Lawine der Lienzer Klausen bei km 274.55 (Fig. 2, Taf. X). Dieselbe flog über Drau und lagerte noch höher als die Bahn ihre Haupt- masse ab. Der Schnee war so locker, dass derselbe nach gemachten Sondirungen auf der Bahn in einer Länge von 220 m mit dem Schneepflug durchbrochen werden konnte.

Lawinen am Arlberg am 9. Februar 1888. Sowohl an der Ost-, als insbesondere an der Westseite des Arlberges traten in der Nacht vom 8. auf den 9. Fe-

bruar Lawinen auf. Von der in der Meereshöhe von 1217 m liegenden Station Langen, in deren Nähe die meisten Lawinen niederbrachen, sind in Ermangelung wirklicher Schneetiefenangaben folgende Schmelzwasserhöhen der Schneefälle für die vorausgegangenen Tage vom Beginn des Jahres 1888 für die beiläufige Beurtheilung der vorhanden gewesenen Schneetiefen von Belang:

Tag		Schmelz- wasser- höhe	
Jänner	22.	25.4	
	23.	11.3	
	24. }	+ 0.5° C.	
	25. }	+ 1.4° C.	
	26.	18.5	
	27.	15.8	
	28.	17.4	
	29.	5.3	
	30.		
	31.		
Februar	1.		
	2.		
	3.		
	4.	35.4	
	5.	20.2	
	6.	10.1	
	7.	21.4	
	8.	Langen verschüttet	(?)

Die Lawinen gingen laut Angabe von Dalaas bis einschließlich Spreubach um 1<sup>h</sup>, die übrigen bis Langen um 2<sup>h</sup> Morgens ab. Die Anbruchsgebiete konnten nicht ersichtlich gemacht werden, da Angaben verlässlicher Art hiefür fehlten oder in vorgefassten Meinungen statt in Thatsachen ihren Grund hatten. Damit ist auch die große Schwierigkeit der Projektirung von Abbauten im Anbruchsgebiet gekennzeichnet, indem nur die aus den Terrainverhältnissen herauskalkulirte Wahrscheinlichkeit und Möglichkeit von Abgängen halbwegs einigen Anhalt ergibt. Da die Schneemasse eine lockere war und bei den herrschenden westlichen Luftströmungen auch die höchste Temperatur in Langen unter Null blieb, so ist — selbst wenn die Berichte vom Thalausgang, welche Thauwetterangaben, richtig sein sollten — wenigstens für die Höhen nur kalte windige Witterung anzunehmen, und mögen die eingetretenen Schneebewegungen, soviel sich nach mehr als einem Jahr darnach beurtheilen lässt, gewöhnliche Staub-, zum Theil auch lockere Grundlawinen gewesen sein. Die Längen- und Simas-Tobel-Lawine, welche sich in ihrer Sturzrichtung durch Terrainkonfiguration und entgegenstellende Wälder von der geraden Richtung nicht ablenken ließen und den Schnee weit ausbreiteten, werden den gewöhnlichen Staublawinen zuzurechnen sein — zwei Arbeiter wurden unbeschädigt zu Thale getragen und ein gemauertes Bahnwächterhaus vollständig rasirt — während die große Tobellawine km 111.9/112.1 und jene im Spreubach km 115/2—6 in ihren unteren Theilen, wo sie auf die Muhrenschuttkegel hinaustraten, bis zur Alfenz, die in ihrem Bett bleibende massig vorschiebende Grundlawine kennzeichnen, wobei jedoch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass beide als Staublawinen anbrachen und den oberen Tobellau durchführten. Indem ich nun an die Vorführung der einzelnen Lawinengebiete gehe, sollen nebst den Erschei-

nungen aus dem Lawinenjahr auch die im Winter 1889/90 durch zahlreiche Höhenbegehungen bei verschiedenen Schneeverhältnissen gemachten Beobachtungen angeschlossen werden.

Die Lawinen des Blassegg bei Langen km 111.4 bis 112.0. Diese Gruppe umfasst folgende Lawinen und Schneerutschgänge:

- a) kleiner oder falscher Passürtobel;
- b) Benediktertobel;
- c) Schneerutschgang, Parzelle 504 und 567;
- d) Lawinenzug an der Parzellengrenze 565/566;
- e) Simastobel;
- f) Längentobel;
- g) großer Tobel.

} gegenüber Station  
Langen

Als Hauptanbruchsgebiete der Lawinen vom Benediktertobel bis einschließlich Längentobel sind die zum Theil bestockten Weiden- und Wiesenflächen des Blassegg anzusehen und kommen für den großen Tobel und den kleinen oder äußeren Passürtobel wahrscheinlich Theile der sterilen Flächen oberhalb Blassegg in Betracht.

Die Schwellenhöhe der Station Langen zeigt die Kote 1217, von wo die Bahn bis zum großen Tobel bis auf Kote 1187 fällt. Die Waldparzellen der Lehne von der Bahntrasse aufwärts bestehen aus Buchenbeständen, welche in etwa 1400 m Meereshöhe in Nadelholz übergehen, welche ihr Ende in der derzeitigen Waldgrenze auf 1750 m Meereshöhe finden. Während die untere Hälfte der Lehne vorwiegend aus Schuttboden besteht, aus dem nur hie und da einzelne Kalkfelsen hervortreten, gehört der obere Theil bis zur Kuppe des Blassegg und des dahinterstehenden „Sattels“ den Partnachschiefen und Virgloriakalken der alpinen Trias an, welche erstere einen guten mergeligen Weide- oder Wiesenboden entstehen lassen, während die plattigen Virgloriakalke, welche gutes Baumaterial geben, in steiler Schichtstellung zum Theil als kahle Rippen aus dem Grün der Wälder hervorleuchten. Der erwähnte „Sattel“ hinter der Blasseggkuppe (1988 m Seehöhe) zeigt einen 60 m langen, senkrecht zum Klosterthal gerichteten Grat, welcher die Wasserscheide zwischen dem kleinen Passürtobel und dem großen Tobel bildet und welcher an die noch höher bis zur Meereshöhe von 2300 m aufsteigende sterile, vielfach zerrißene und sehr steile Kalkfelslehne anschließt. Letztere ist infolge Steilheit und Entblössung fortwährender Abwitterung und Abwaschung unterworfen und bildet hauptsächlich den oberen Theil der Wände, welche in den Passür- und großen Tobel jäh abfallen. Die Simastobel-Lawine hat dort, wo der Tobel auf der Meereshöhe von 1500 m ein Knie macht, denselben in gerader Richtung mit einer großen Masse verlassen und den Wald an seinem linken konkaven Ufer bis zur Bahn mit Ausnahme weniger sehr starker Bäume zum größten Theile zerstört. Der tiefe Bahneinschnitt darunter, über den ein gemauerter schmaler Wildbach-Aquädukt führt, war von den Schneemassen vollständig verschüttet und enthielt eine große Menge von Stämmen sammt ihren Wurzeln.

Der ober seinem Schuttkegel tief in die kahlen Wände eingefressene „große Tobel“ birgt zur Winterszeit eine große

Menge Schnee, theils durch Schneerutschen und Lawinen von den steilen, kahlen Seitenflächen, theils durch Wind von den Hängen zusammengetragen, und schließlich bauen sich aus Seitenrunsen einige größere Schneekegel, die quer den Tobel absperren, in demselben auf, ohne jedoch den Lauf der Lawinen zu hindern. Am Austritt des Tobels auf seinen Kegel geht das oben steile Gefälle in ein sanfteres über und war daselbst im Jahre 1884 ein Leitwerk mit einer Lücke von 25 bis 30 m für den Tobeldurchgang gelassen.

Durch diese Oeffnung wälzte sich am 9. Februar 1888 der Hauptstrom der Lawine hinab zur Bahn, füllte nicht nur das 10 m weite und im Maximum 7.1 m bergseitige Lichthöhe messende offene Bahnobjekt (Konstruktionshöhe 0.56, schwerer Kastenträger), sondern ging noch wahrscheinlich in geringer Höhe über die Nivellette, wobei der obere Theil der Lawine nur die Geländer zerriss, die Eisenkonstruktion aber nicht beschädigte oder verschob, was lockeren Schnee in den oberen Partien der Lawinenmasse vermuthen lässt. Die Lawine erreichte nach Ueberschreitung der Straße, in welcher sich ein gewölbtes Objekt von 4.8 m Weite, 2.6 m Lichthöhe, 1.0 m Uebermauerung und 8 m Breite für die Straße befand, nur dessen schwache Geländermauer mitnehmend, schließlich die Alfenz und staute sich unter Niederlegung eines jungen Waldes am linken Ufer auf. Das Leitwerk kam somit nicht zur Wirkung und war als Ursache wohl die zu große Weite der Durchlassöffnung in demselben anzusehen, die das Gros der Lawine, die dort noch die geringe Breite des engen Thalbettes hatte, unbehindert durchließ, und in zweiter Linie, wenn etwa die Flanken der Lawine an die Mauern geschlagen haben sollten, in dem steilen Winkel (etwa 66°) zwischen Mauerflucht und Lawinenrichtung, welcher ein Ablenken schwierig machte, wobei noch überdies das linke, wenn auch erniedrigte Tobelufer zu übersteigen war. Nachdem die Lawine aus dem engen Tobel in schmalem Strom hervortritt, so bewegt sich deren Masse hauptsächlich im Tobelbett selbst. Nach einem Schneefall, wo der Arlberg-Westportalpegel von 6. bis 7. März 1890 von 0.67 m auf 1.46 m stieg, kam eine kleine Lawine vom 7. auf den 8. März aus einer tiefen Runse unterhalb des Blasseggattels hervor, schritt über alle im Tobel vorhandenen Schneekegel hinweg und blieb mit ihrem unteren Ende zwischen den gemauerten Enden des Lawinenleitwerkes liegen. An den Spuren der Lawine war noch am 17. März ersichtlich, dass dort, wo ein Knie im Tobel vorhanden ist, ein Aufstau stattgefunden hatte, mithin die Lawine die Tendenz hatte, in der Fortsetzung der oberen Richtung geradlinig fortzuschreiten und nur durch die dortigen Hindernisse (Tobelufer) gezwungen wurde, der Tobelkrümmung zu folgen.

Lawinen am Ostportal des großen Lawinenschutzdaches zwischen km 113.6 bis 113.67. Die Bahn liegt daselbst in einem Anschnitt, der bergseitig mit einer Futtermauer von solcher Höhe versehen ist, dass noch ein Holzdach aufgebracht werden konnte, um die Lawinen unschädlich über die Bahn führen zu können. Um an Länge dieser theuren Anlage zu sparen, wurden an den Portalen an beiden Seiten bergseitig noch Leitwerke angeschlossen, um die abgehenden Lawinen von der offenen Strecke ab-

zuhalten und über das Dach zu führen. Am Ostportal war ober der Bahn für einen 2 m breiten Parallelweg in dem daselbst hölzernen Leitwerk eine Lücke von 6 bis 7 m offen gehalten worden, durch welche ein Theil der Lawine über die Futtermauer vor das Portal auf die Bahn stürzte. Da das Lawinendach zum Theile vor den thalseitigen Tragpfeilern desselben noch ein bedeutendes ebenes Vorland von mehreren Metern Breite hatte, so prallte der von den Dächern ab-rutschende Schnee zum Theil derart auf, dass das Geleise durch Zurückstauung verlegt wurde.

Lawinen am Ostportal des kleinen Lawinendaches km 113.930 bis 113.950. Das steinerne Leitwerk oberhalb des Ostportals war nach aufwärts zu kurz, vielleicht auch etwas zu niedrig, so dass ein Theil der Lawine auf das Bahnplanum kam.

Lawine am Spreubach bei km 115.2 bis 115.6. Diese war für den Bahnbetrieb im Februar 1888 die verhängnisvollste, indem durch sie die schiefe Eisenkonstruktion von 9.4 m senkrechter (10 m schiefer) Lichtweite (Konstruktionshöhe 1.22 m, Fahrbahn oben) bis hinab zur Straße getragen wurde, was, nachdem die anschließenden Strecken wieder betriebsfähig wurden, noch etwa einen Tag die Aufnahme des Betriebes, der durch ein Holzprovisorium vermittelt wurde, verzögerte. Der vom Spullersee kommende Spreubach hat seinen oberen Lauf in der ostwestlich streichenden weichen, gelben Rauchwacke nahezu parallel zum Klosterthale tief eingeschnitten, biegt nach Verlassen derselben senkrecht zum Klosterthale ab und verquert die senkrecht stehenden harten Kalke der Carditaschichten. Etwas unterhalb der Stelle, wo der Tobel die gelbe Rauchwacke verlässt und in eine NS.-Richtung umbiegt, mündet von Norden her ein größerer, von der Kulmination Spullers (Cote 2286) herabkommender wasserführender Tobel ein, der sich in zahlreiche tiefe, schwer oder gar nicht zugängliche kahle Runsen und Wände im leicht verwitternden Dachsteindolomit auflöst, welche die Hauptmassen für die bei starken Regengüssen abgehenden Spreubachmurgänge liefern, und denen unaufhaltsam feinerer und gröberer Schutt entrollt. Dieselben mögen auch die Hauptanbruchsstellen für die Lawine gegeben haben, deren größter Schneestrom sich in bedeutenderer Breite als das Bahnobjekt längs des Spreubaches bis an die gewölbte Straßenbrücke von 6.5 m Weite, 4.3 m Lichthöhe, 2.6 m Uebermauerung und 8.0 m Breite ergoss, und sind in einer etwa 8 Tage nach dem Vorfall aufgenommenen Photographie die glatt gerieften, senkrecht stehenden, seitlichen, sekundären Trennungsflächen zwischen Lawinen und ruhig stehen gebliebenem Schnee zunächst des Objektes noch deutlich erkennbar. An der Straßenbrücke staute sich die Schneemasse und lag dort die zum Theile verbogene Eisenkonstruktion der Bahn, so dass dieselbe vor dem Einbringen einer Reparatur in der Brückenwerkstätte unterzogen werden musste. Das Bahnobjekt hatte bergwärts eine lichte Höhe von 6 m und ist der Lawinenschnee nach einer rohen Schätzung 3 bis 4 m über der Nivellette gelagert gewesen. Angeblich ist die Spreubachlawine im Jahre 1807 oder 1809 das letztemal in größerer Masse in's Thal gefahren, wobei 11 Menschen verunglückten; in kleinerer Ausdehnung erschien sie in der Mitte der Sieb-

ziger Jahre, wo sie bis in die Nähe der bewohnten Häuser drang, doch ist die letztere Angabe nicht vollkommen verbürgt.

Lawine im Gonderbach bei Flirsch bei km 86·987 auf der Ostseite des Arlberges. Dieselbe kam um 4 Uhr Früh und umrahmte die Lokomotive eines verkehrenden Personenzuges, verschüttete das Geleise auf dem 10 m weiten offenen Durchlass von 4·6 m größter Lichthöhe (Blechträger 0·87 m Konstruktionshöhe, Fahrbahn oben) und überschritt die Rosana bis zur gegenüberliegenden Straße. An der Eisenkonstruktion wurden nur die Geländer verbogen und einige Bretter der Bedielung gebrochen.

Lawinenbeobachtungen am Arlberg im Winter 1889/90. Zur Beurtheilung einiger noch wenig aufgeklärter und beschriebener Details von Lawinen haben zwei im obigen Winter abseits der Bahn abgegangenen Lawinen sowie ein Schneerutsch am Bachfallentobel bemerkenswerthe Momente ergeben. Nach einem Schneefall von 45 cm in Langen und 29 cm in St. Anton, Westportalpegeltiefe 95 cm, Ostportalpegeltiefe 46 cm und 53·7 mm Schmelzwasserhöhe in Langen und 55·7 mm in St. Anton, dem zeitlich am Morgen des 25. Jänner Regen folgte, erhielt ich Nachricht von dem Abgang von Lawinen im Legumtobel und oberhalb Stuben.

Legumtobellawine bei St. Anton am rechten Rosana-Ufer. Bei meiner am 27. Jänner bis in die obersten Regionen vorgenommenen Begehung ergaben sich folgende Wahrnehmungen: Der Tobel ist ein tief eingeschnittenes Rinnsal mit einem größeren, nahezu vertikalen Absturz etwa in der Mitte des Laufes, über den in warmer Jahreszeit ein Wasserfall abstürzt und der am Tage der Begehung die bekannte trauben- oder nierenförmig-wulstige Eisdecke zugefrorener Wasserfälle zeigte. Der Schnee abseits des Tobels hatte unter einer lockeren, 2 cm dicken Neuschneelage vom vorhergehenden Tage eine 2 cm starke Eiskruste, die im Schnee nicht tief eingedrungene und gefrorene Regenmasse vom 25. Jänner, unter welcher wieder trockener, aber durch Lagern schon etwas fester gewordener Schnee vorhanden war. An Stellen, wo dem Boden Alpenrosen und anderes Gestrüpp entsprossen, welche zum großen Theil vollständig von Schnee bedeckt, daher unsichtbar waren und letzteren ziemlich fest hielten, zum Theile an den Berührungsstellen auch angefroren sich zeigten, maß die Schneetiefe infolge der großen Hohlräume bis zu 0·60 m. Die wirkliche Schneemenge mochte 0·4 bis 0·5 m nicht überstiegen haben. Der Tobel entspringt in zwei Armen, an welche kahle und steile Felshänge anschließen. Dieselben hatten nur wenig Schnee und eine der zum Stanzer Thal beiläufig parallelstreichenden Hangflächen war nahezu schneefrei, was jedoch bloß als das Resultat des Spieles der Winde angesehen werden mochte. Die beiden Ursprungszweige des Tobels waren ziemlich mit Schnee erfüllt, an den zunächst liegenden Hängen jedoch konnte man Bruchränder, Rutschspuren u. dgl. auf Schneebewegungen deutende Vorkommnisse nicht wahrnehmen. Auch an der Lawine bei Stuben mangelten solche Anzeichen. Die Frage also, ob durch ein Abgleiten der Massen von den Tobelhängen *h* (Fig. 3, Taf. X) die Einleitung der Bewegung stattfand, muss unbeantwortet bleiben;

sollte dies trotz fehlender Merkmale, die übrigens durch den nachfolgenden Schnee- und Regenfall verwischt sein konnten, der Fall gewesen sein, so hat sich der abgelassene Schnee vom liegeengebliebenen nicht in scharf ausgesprochenen Kanten abgetrennt, sondern müsste die Abtrennung in allmähigem Uebergang stattgefunden haben. Die Spuren der Bewegung zeigten sich erst bei *l* (Fig. 3). Dasselbst lag ein größerer Schneehaufen (2000 bis 3000 m<sup>3</sup>), der nicht nur der Höhe nach bedeutend über die übrigen tobelauf- oder abwärts liegenden Schneemassen des Tobels hervorragte, sondern thalab zahlreiche schalenartige Bruchränder im Schnee zeigte, die, in den Figuren 3 *a* und 4 *b* schematisch angedeutet, in ähnlicher Weise auch bei Bodenbewegungen auftreten. Es brach die infolge des Thauwetters und Regens schwerer gewordene und sich zusammenschiebende Masse im Tobel selbst ab und setzte sich thalabwärts in Bewegung offenbar die zum Theil schon im Tobel liegenden oder erst durch die Lawine selbst von den Seitenwänden in Bewegung, gerathenen Massen mitnehmend. Die erwähnte Schneemasse mit den Bruchterrassen und die den Tobel auf große Längen ausfüllenden Schneeknollen waren die Reste und Zeugen der Bewegung. Bald unterhalb des Punktes *l* zeigten sich die Tobelwände rechts und links auch bei Restockung mit Gestrüpp, hoch hinauf, oft bis zum 10 bis 15 m höher liegenden, den Tobel begleitenden Rücken schneefrei gerutscht. Beim beeisten Wasserfall waren die schmutzig-bräunlich bestaubten Schneemassen in vielen kleinen Knollen bis zu 15 und 20 m hoch auf die Tobelwände verspritzt. Am linken Ufer daselbst zeigte sich der Schnee von dem dortigen Gestrüpp, wahrscheinlich durch aufspritzende Massen, abgeschoren, wobei kleine, noch oben hängende abgetrennte Nachbrüche von dem Strauchwerk zurückgehalten wurden. In der unteren, bereits flacheren Partie unfern des Wasserfallfusses bis hinaus gegen die Rosana, wo das Ende des Lawinenstromes lag, hat sich letzterer 0·45 bis 0·5 m über der Tobelsohle auf einem Theil des alten, festeren Schnees bewegt. An den Seitenwänden des Rinnsals daselbst waren 2, 3 bis 5 m hoch die Bewegungsriefen in zahlreichen parallelen, thalab gehenden Linien im Schnee und Ufermaterial deutlich und schön markirt, was ein Bild von der Maximalhöhe der Lawine beim Durchflusse ergab.

Lawine oberhalb Stuben. Oberhalb Stuben, 200 bis 300 m von der Arlbergstraße längs des Zürsbaches entfernt, hat am rechten Ufer ein Schneestrom vom Schingel und Pongart den Bach erreicht. Bald nach der Stelle, wo die Lawine von oben her den Schuttkegel des Tobels, in welchem ihr Bett liegt, erreicht, und die Tobelufer niedriger werden, war ein größerer Schneehaufen, der 1 bis 3 m den oberen Tobelrand überragte, vorhanden. Der Schnee kam dort zur Stauung, trat aus dem Tobelbett heraus und wälzte sich zuerst in gerader Richtung, sodann allmähig in sanftem Bogen bis in den Bach. Der unter den Lawinenmassen gelegene alte frühere Schnee war an manchen Stellen komprimirt, z. B. von 0·6 auf 0·3 m, an anderen Stellen weniger und auch gar nicht. Fig. 5 Taf. X stellt ein schematisches Querprofil im oberen Tobel nach Abgang der Lawine dar. Sowohl diesem Profil als dem Profil in Fig. 6

ist zu entnehmen, dass die Lawine über den dort gelegenen Schneemassen abrutschte, und zeigt erstere Figur auch die Höhe an, welche die Lawine bei ihrer Bewegung längs der Tobelwand besass.

Der sich abspielende Vorgang dürfte folgender gewesen sein: Die aus dem steileren oberen Tobel zu Thal rutschenden Schneemassen kamen auf der flacheren Schuttkegelpartie in langsamere Bewegung. Die nachdrängenden Massen wulsteten einen mächtigen Haufen auf, welcher allmählig, dem großen Druck nachgebend, auf der thalseitigen Fläche (ähnlich wie im Legumtobel) abbrach, um seine Schneemassen weiter gleiten zu lassen. Der Winkel, unter welchem die Lawine an einer Krümmung des Tobels von der Tobelrichtung ablenkte und mehr in gerader Richtung fortsetzte, war ungefähr 30 bis 40°.

Bachfallentobelrutsch bei km 112.6 bis 112.7 Zum Schutze der Bahn wurde oberhalb derselben im Bachfallentobel ein von den Forstbeamten projektirtes und von denselben hergestelltes mächtiges Bollwerk aus Säulen und Horizontalriegeln aus vielhundertjährigen überständigen Waldbäumen, die behufs Verjüngung des Waldes gefällt wurden, im Herbst 1889 zur Ausführung gebracht (Fig. 7 und 8). Im darauffolgenden Winter kamen an der etwa  $\frac{5}{4}$ füssigen Lehne Schneemassen in Bewegung und legten sich dieselben kegelartig an die hohe Wand an, ohne sich seitlich besonders auszubreiten. Nur bei größerer Menge wäre die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass noch seitlich des Kegels sich Schneeschalen ansetzen und zwar so lange, bis sich eine ebene Fläche von der Oberkante der Wand gegen den rückliegenden Abhang aufgebaut hat; aller herankommende Schnee rutscht oder rollt natürlich weiter, unbeeinflusst von dem Fassungsraum, der seitlich etwa noch zur Ablagerung vorhanden wäre (Fig. 7 b).

Auf dem internationalen land- und forstwirthschaftlichen Kongress in den ersten Septembertagen v. J. in Wien, dem ich beiwohnte, kam die Frage: Welche Erfahrungen liegen über Wildbach- und Lawinenverbauungen vor? zur Behandlung. Die drei Referenten Wang (Wien), Landolt (Zürich, und P. Demontzey (Paris) erörterten die Verhältnisse der von ihnen repräsentirten Länder im Allgemeinen. In Tirol und Vorarlberg\*) sind im Jahre 1887/88 2647 Lawinen, darunter 1355 ständige, 765 periodische und 527 vereinzelt auftretende bezeichnet; 53 Menschen verloren ihr Leben, 1208 Objekte wurden zerstört. Der Schaden wird mindestens mit 754.162 fl. bewerthet. Die aus dem in der Note bezeichneten Aufsatz auch in eines der Referate übergegangene Darstellung, „dass dort, wo nur einzelne Bäume und Sträucher zerstreut über Flächen vorkommen, keine Schneelawinen abgingen“, kann nur einem Irrthume ihre Entstehung verdanken; im Gegentheile wird Strauchwerk als Lawinenbildung befördernd angesehen, nur geradstämmig dichter, nicht zu alter Wald verhindert das Anbrechen von Schneemassen.

\*) Franz. „Die im Winter 1887/88 in Tirol und Vorarlberg abgegangenen Schneelawinen“ in „Mittheilungen des Forstvereines für Tirol und Vorarlberg.“ VII. Heft 1888.

Auch in Kärnten\*) sind im gleichen Jahre zahlreiche Lawinen niedergegangen, die großartigsten davon an den Nord- und Südgehängen der karnischen Alpen. Im Vorderbergergraben kamen 17 Lawinen herab, überquerten und stauten den Bach 20 m hoch, welcher nach 2 Tagen durchbrach und die Ortschaft Vorderberg bis zu den ersten Stockwerken mit einem breiartigen Schnee- und Wassergemengsel überfluthete.

Trotz der durch Lawinen entstehenden großen Verluste an Menschen, Thieren, Gebäuden u. s. w. ist in Oesterreich bisher noch kein Schutzbau veranlasst worden, obwohl beispielsweise der oben angegebene von Tirol und Vorarlberg allein mit 754.162 fl. gegen jenen der Schweiz mit 538.208 Frs., fast das Dreifache beträgt und in letzterer alljährlich zahlreiche Verbaungen vorgenommen werden. Ob in dieser Beziehung in Oesterreich, trotzdem oft einfache und billige Mittel genügen würden, um Ersparliches zu leisten, eine segensreiche Action zu gewärtigen ist, vermag ich nicht zu beurtheilen. Dass dies jedoch höchste Zeit wäre, wird wohl kaum Jemand ernstlich bestreiten.

### Lawinen der Schweiz.

Die Angaben über Schneetiefen sind nur spärliche und hat nur ein Beobachter in Sils Maria Schneepegelbeobachtungen durch einen einzigen Winter gemacht, die Coaz in seinem Werk veröffentlicht hat.

Aus dem Jahre 1887/88\*\*) liegen einige Daten über 675 Lawinen, die Schäden verursacht haben und von denen die Zeit ihres Abganges bekannt war, vor. Hiernach fielen Oktober (1887) 3, Dezember 5, Jänner (1888) 3, Februar 381, März 205, April 60, Mai 18 Lawinen.

Am zahlreichsten erfolgten die Lawinenstürze an den folgenden Tagen:

15. Februar .	28 Lawinen	28. März .	66 Lawinen
16. „ .	56 „	29. „ .	37 „
17. „ .	21 „	17. April .	9 „
26. „ .	133 „	19. „ .	8 „
27. „ .	49 „	5. Mai .	5 „
27. März .	21 „	10. „ .	4 „

Nach der Beschaffenheit der Schneemassen traten auf als:

Staublawinen . . . . .	468
Grundlawinen . . . . .	510
Oberlawinen . . . . .	18
Gletscherlawine . . . . .	1
Staub- und Grundlawinen . . . . .	84
Staub- und Gletscherlawine . . . . .	1
Unbestimmt . . . . .	12

Zusammen . . 1094

davon brachen 804 ober der Waldgrenze, 210 unter derselben an. Auch Anbrüche von einigen Kilometern Länge fanden statt, ohne dass es hiebei zur Bildung von Lawinen kam. Den Lawinenberichten sind folgende charakteristische Verhältnisse entnehmbar: Im Februar fuhren hauptsächlich Staublawinen, darunter auch solche, die ganze Waldparzellen

\*) Suda. „Waldbeschädigungen durch . . . Lawinen“ etc. im Rechenschaftsbericht des kärntnerischen Forstvereines 1890.

\*\*) Coaz. „Der Lawinenschaden im schweizerischen Hochgebirge im Winter und Frühjahr 1887/88. Bern 1889“.

unbeschädigt überflogen (Langwieskubboden, 17. Februar, bei Föhn!), im Frühling Grundlawinen ab. Auch Oberlawinen kamen vor, sowie Grundlawinen, die sich in Staublawinen auflösten. Sowohl bei der Oberlawine im Obloch am 8. Februar Abends 5 Uhr, als bei der Staublawine im Rothstollen den 5. April war die Witterung ziemlich warm und zu Regen geneigt; im Thal fiel Regen mit Schnee vermengt. Bei den Staublawinen im Forstbezirk Sargans wird bemerkt, dass sich dieselben im Berichtsjahr in möglichst gerader Richtung bewegten und innerhalb ihrer Grenzen allen Wald zerstörten; bei der Lattläuwe, deren Tobel eng ist und aus vielen Biegungen, Kesseln und Felsblöcken besteht, verließ die Lawine denselben in seinem unteren Theil, wo er weniger tief ist, und mähte die dortigen Lärchenwälder nieder. Ähnliches gilt für den Freudenberg Tobel, für die Kehrhalde (bei Föhnsturm), Abristhorn, Zügdöhlen u. A. Bloss in drei Fällen wird die Ablenkung von Staublawinen angegeben: beim äußeren Arm der Wieselläue, wo ein bereits früher entstandener Schneekegel einer anderen Lawine dieselbe zwang, einen Bogen von 200 m Länge zu beschreiben, sodann im Hochfeld, Alp Säntis, wo eine starke Rothtanne (ohne Angabe des Ortes) eine Abweichung bewirkt haben soll. Schließlich wurde die Lawine in der „Hölle“ vom Tristelhorn, 3100 m ü. M., einige hundert Meter in einer Kurve längs einem Moränenwall geführt.

Im Peilerthal (Graubünden) brach von Mabbelte unweit Vals bis in die Fanellaalpe auf eine horizontale Länge von 2 Stunden eine Grundlawine an. Hütte und Viehstall der Alpe, über welche die Lawine hinwegzog, wurden nicht zerstört, doch war so viel Schnee angesammelt, dass man noch im Juli denselben wegschaufeln musste, um in die Gebäude zu kommen. Wenn nicht vorher durch Wehen, langsame Schneebewegung oder Schneerutschen die Bauten hinterfüllt wurden, so hätte man den seltenen Fall vor sich, wo eine Grundlawine, ein Hindernis hinterfüllend, über dasselbe hinwegschreitet.

**Beschädigungen an Straßenobjekten.** Im Jahre 1877 wurde eine Holzbrücke über den Muotabach an der Furka durch eine Lawine zerstört. Die Oberalpbrücke ebendort, die auch beschädigt wurde, ist eine Holzbrücke mit steinernen Widerlagern. Die alte Sprengbrücke zwischen Göschenen und Andermatt wurde angeblich durch eine Lawine beschädigt. Sie besteht aus zwei gewölbten Öffnungen und fehlen die Geländermauern des kleineren Bogens. Die Brücke war im Sommer 1890 zum Theile eingerüstet, so dass möglicherweise das Gewölbe auch gelitten haben könnte. Nachdem jedoch unweit davon im Jahre 1888 die bekannte Teufelsbrücke eingestürzt ist, so mag der Fall nicht ausgeschlossen sein, dass man den Einsturz der erstgenannten zum Theil benützten Brücke verhindern will.

**Abbauten zum Schutz der Straßen. Galerien.\*)** Die Galerie im Schwabentobel (Fig. 9, Taf. X) an der Landwasserstraße wurde gleich denen an der Schyn-Strasse sehr stark gebaut, wegen der Möglichkeit stark auffallender Lawinen an dortiger Stelle. Diejenige am Flüela (Fig. 10 bis 12, Taf. X) hatte so bedeutende Abmessungen nicht

\*) Die nachfolgenden Angaben über Galerien verdanke ich dem Stellvertreter im eidgenössischen Oberbauinspektorat Herrn v. Morlot.

nöthig, weil der Hang weniger steil und der Aufschlag der Lawine weniger zerstörend wirkt. Am Ofenberg, unweit Zernetz, ist eine Rinne, die auch eine Schneelawine auf die Straße führt, die jedoch nie groß wird. Man konnte deshalb an jener Stelle die Dimensionen gering annehmen und sind daher die Stärken sehr herabgemindert worden, um das zweifelhafte Fundament nicht mehr zu belasten, als absolut nothwendig war; es können diese Dimensionen als die kleinsten angesehen werden.\*) [Fig. 13.]

An der Julierstraße am Crap Ges hat eine Galerie mit Holzdach bestanden, doch war sie bei einer Länge von bloss 16 m für große Lawinen zu kurz und ist deswegen im Frühling 1888 theilweise zerstört worden. Anstatt diese wieder herzustellen, hat man im hinterliegenden Kalk in gestreckter Krümmung einen Tunnel von 41 m Länge geschlagen, der sammt Begleitungsarbeiten bei einem Tunnelprofil von 20 m<sup>2</sup> 9000 Franken gekostet hat. Die Kosten der Galerien inclusive Hausteinen mit einer lichten Weite von 4.20 m betragen je nach der Oertlichkeit 300 bis 400 Franks für das laufende Meter.

**Verbauungen.** Der Verbau der Lawinen erfolgt hauptsächlich im Anbruchsgebiet, auch da, wo weniger der Wald als Ortschaften zu sichern sind. Die Abbauten, deren Kosten zur Hälfte der Bund, sodann zum Theile der betreffende Canton und den Rest (meist nicht mehr als 20 %) die Gemeinden bestreiten, nehmen von Jahr zu Jahr zu und haben die bisher ausgeführten Werke, trotz der äußersten durch die Verhältnisse gebotenen Sparsamkeit, insbesondere jene unter Oberaufsicht des Vorstandes der schweizerischen Forstverwaltung Coaz, dem auch die Einbürgerung der ganzen Abbauweise zu verdanken ist, überall ihren Zweck erreicht. Es liegt in der Natur der dortigen Verhältnisse, dass die unmittelbare Aufsicht führenden, durch anderweitige Berufsgeschäfte abgezogenen Forstleute, die häufig noch Gemeindebeamte oder Lehrer sind, sich nicht voll der Aufgabe widmen können, so dass ab und zu Mängel vorkommen müssen, die jedoch gut zu machen sind. Die Gemeinden wollen vom Weideland nichts verlieren, Weideverbote werden nur widerwillig erlassen, daher schreiten die für die verbauten Flächen so wichtigen Aufforstungen nur wenig vorwärts. Im Nachfolgenden sind die bereisten Verbauungen in der Reihenfolge, wie sie besucht wurden, vorgeführt.

**Verbau ob Compatsch im Samnaunthal.** Die schweizerische Ortschaft Compatsch ist durch eine in einer flachen sonnseitigen Mulde im etwa  $\frac{5}{4}$ füssigen Terrain auf der Meereshöhe von 1850 m anbrechenden Lawine bedroht gewesen. Das Anbruchsgebiet ist theilweise durch Trockenmauern von 0.6 m Kronenstärke und rund 1.0 m rückwärtige Höhe, die schätzungsweise 15 m hoch übereinander angeordnet sind, abgebaut. Außerdem kommen auch Schneebrücken vor, wo die thalseitigen auf Fels stehenden Holzsäulen mittelst Rundeisenstücken, die einer-

\*) Dort, wo Lawinen über die Galerien nur hinwegrutschen und nicht aufschlagen, was zumeist der Fall ist, besonders wenn die oberste Fläche der Galerie genau in der Hanglinie liegt, wird man überall mit geringen Dimensionen auskommen und sind Lawingalerien nicht selten mit unnöthig starken Dimensionen hergestellt.



seits in den Fels, anderseits in die brunnenrohrartig ausgebohrte Säule eingelassen erscheinen, festgemacht wurden. Die in Reihen angebrachte Verpfählung ist durch Anbringung von 3–4 angenagelten dünnen Horizontallatten verstärkt. Manchmal schließt in derselben Höhenkurve an die Verpfählung eine Schneebrücke an. Sonderbarer Weise steht in der tiefsten Linie der eigentlichen Mulde bloß eine einzige Mauer und sind nur einige kurze Pfähle und im unteren Theile der Mulde außerhalb des eigentlichen Anbruches einige alte Lärchen vorhanden.

Die Waldgrenze im Samnaun dringt bis 2000 und 2100 m Meereshöhe vor und wird von den Kulturen im Verbau bei den Aufforstungen die Rede sein.

Verbau ob Martinsbruck im Engadin. Derselbe besteht aus Trockenmauern im Anbruchgebiet, die oberhalb der etwas über 1800 m reichenden Waldgrenze bis zur Höhe von 2000 m errichtet sind. Die Mauern stehen nicht bloß an der direkt gegen das Thal abdachenden, sehr schwach eingemuldeten Lehne, sondern vor und hinter der Mulde, dort wo die hügelartigen Ränder wieder zurücktreten und wie bei *a* und *b* in der schematischen Figur 14 angedeutet ist. Man hat Arvensämunen versucht, dieselben haben jedoch nicht angegriffen und so fehlt bisher die Anlage einer Kultur. In den unterhalb der Verbauung liegenden Lawinenzügen, die den Wald an drei bis vier Stellen bis in den Thalgrund durchbrochen hatten, sind neue Kulturen angelegt.

Verbau ab Zernetz am Kirchberg (Munt della Basaglia) am linken Innufer. Dieser für zwei, die Ortschaft gefährdende Lawenstriche in der Höhe von 2600 bis 2700 m liegende, aus vielen Trockenmauern bestehende Verbau war am 20. Juni noch zum großen Theile im Schnee und konnten dadurch einige wichtige Beobachtungen gemacht werden. Eine der Mauern stack noch vollständig im Schnee, so dass nur deren Oberkante sichtbar war, mehrere andere zeigten sich nahezu bis zur Krone mit Schnee hinterfüllt. Bei mehreren Mauern waren im Schnee deutliche Spuren über dieselben gegangener Schneerutschen sichtbar. An anderen Stellen lagen bergseits der Fänge kegelartige Hinterfüllungen, ähnlich der Schneerutschansammlung am Bachfallentobel (siehe Seite 27).

Auch hier kamen in den tiefsten Punkten der Mulde nur zwei schwache Mauern vor, (Coaz hat in meinem Beisein deren Vermehrung angeordnet) und hatten sich deutliche Spuren stattgehabter Schneebewegungen gekennzeichnet.

Wie die Fig. 15 zeigt, waren bei *a*, *b* und *c* Lücken gelassen und Merkmale abgegangener Schneerutsche, die bei *d* über die Mauer gingen, nicht zu verkennen. Die Möglichkeit des Einflusses auf wirkliche Lawinenbildung solcher selbst kleiner Lücken (bei *c* bloß 1 m) nach der Richtung der größten Bodenneigung ist wohl nicht ausgeschlossen, doch könnte erst auf Grund thatsächlicher Beobachtungen dies eruiert werden. Solange jedoch das Gegentheil nicht festgestellt erscheint, erachte ich derartige Unterbrechungen als bis auf Weiteres nicht empfehlbar. (Beobachtungen am Arlberg werden diese Frage hoffentlich klären.) Da noch am 20. Juni die Bauwerke, wie erwähnt, bis

nahe an die Krone im Schnee steckten, so ist kein Zweifel, dass sie im Winter noch überdeckt waren. Dass trotzdem keine nennenswerthen bis in's Thal gehenden Lawinen abgingen, hat den Anschein aufkommen lassen, dass Mauern nicht bloß zurückhaltend, sondern auch theilend wirken, d. h. dass gleichzeitig größere Mengen nicht in Bewegung gerathen. Die Mauern stehen 8–12 m übereinander, also ziemlich nahe gegenüber anderen Abbauten. Die Bodenneigung ist etwa  $1\frac{1}{2}$  füssig. Der Baustein — schöne lagerhafte Gneise — wurde gleich neben den Mauern gewonnen, so dass nicht nur der in solch' geneigtem Terrain schwierige und daher theuere Transport erspart wurde (die Mauern kosteten im Minimum pro 1 m<sup>3</sup> Frs. 3.44), sondern es wurden auch hinter den Mauern Ablagerungsplätze von größerer Ausdehnung für den Schnee geschaffen, welche die Wirkung der Mauern unterstützten.

Die beiden abgebauten Lawinen, deren Gänge sich nahe an der Waldgrenze kreuzen, haben vor der Verbauung nebst einer noch unabgebauten Lawine in die Waldungen ob Zernetz keilförmige Einrisse verursacht. Die jetzige Waldgrenze am Kirchberg geht bis 2100 und 2200 m und ist der Bestand des oberen Waldtheiles hauptsächlich Arven. Die jungen Zirbenkulturen in den Waldeinrissen und auf einer durch Brand entstandenen Waldblöße waren durch Schafe, welche die frischen zarten und saftigen Triebe abgeweidet hatten, sehr beschädigt. Die sporadisch vorkommenden anderen Nadelhölzer zeigten diese Schäden nicht.

Verbau oberhalb Val Raschitsch. Die Anordnung der daselbst vor nahezu 10 Jahren ausgeführten Trockenmauern war eine von der gewöhnlichen jetzigen Art verschiedene, indem die in einer Horizontallinie stehenden Schneefänge durch Lücken von 1.5 bis 3.0 m getrennt sind.

Verbau la Seja am rechten Innufer nächst Zuz, wo die Thalsole bereits eine Meereshöhe von 1650 m zeigt, an der nordwestlich abfallenden, also größtentheils schattenseitig gelegenen Lehne zum Waldschutz im Jahre 1875 über der daselbst bei 2200 m hohen Waldgrenze bis zur Cote 2370 m ausgeführt. In E. Landolt's Büchlein: „Die Bäche, Schneelawinen und Steinschläge“, 1886, ist auf Tafel XIX ein Plan eines Theiles dieser Verbauung veröffentlicht. Die Mauern bieten den gewöhnlichen in der Schweiz üblichen Typus von 1 m bergseitiger Höhe dar. Die Höhendistanzen gingen bis zu 18 Höhenmetern von der Oberkante der Mauern bis zum Fuss der nächsten darüberliegenden. Coaz ordnete die Einschaltung neuer Mauern an. Die angewendeten 15 cm dicken, in Reihen stehenden Scheitholzpfähle sind auf 0.6 bis 0.8 m Entfernung 0.3 m tief eingeschlagen, zeigen eine Höhe von rund 1 m und sind thalseits mit Steinen verkeilt und fest. An einigen Stellen waren die Pfähle thalwärts geneigt und zum Theil abgebrochen. Da die im Boden steckenden Reststücke bis zur Pfahlspitze thalwärts gedreht erscheinen, so kann von einer Wahrscheinlichkeit gefrorenen Bodens unter der Schneelast und damit eventueller natürlicher Festigung etwaig lockerer Pfähle keine Rede sein. Im Gegentheil wird selbst vor dem ersten Schneefall eingetretenes Festwerden lockerer Pfähle durch Frost bei allmählig mächtiger werdender

Schneelage wieder aufthauen und sodann der Pflöck, der Schwere des Schnees nachgebend, sich thalab neigen und unter Umständen ganz herausgerissen. Viele der Pfähle stehen nach Angabe noch seit 1875 und ist nur ein geringer Theil durch neuere ersetzt worden. Im Winter 1887/88 sollen Oberlawinen über Mauern und Pfähle abgegangen sein und liegen im unteren Theil des Verbaues abgebrochene und mitgerissene Pfähle. Die im Jahre 1875 gepflanzten Arven sind ca. 30 cm hoch und dringen dieselben, wenn auch in kümmerlichem, legföhrenartigen, aber dennoch aufrechtstehenden Wuchs bis zur Höhe von 2300 m vor. Nachdem zwischen Pontresina und St. Moritz einzelne kräftige Arvenbäume bis zu 2400 m Seehöhe vorgedrungen sind, der Verbau auch nicht abgefriedet ist, so könnte hier möglicherweise Verbiss durch weidendes Vieh der nahen Alpe die Ursache der Verkümmerng sein.

Verbau ob Bevers. Nachdem anfangs des Jahres 1888 oberhalb der Waldgrenze eine Lawine abbrach, die 30 m vor den Häusern des Ortes stehen blieb, so ging die Gemeinde sofort an den Verbau derselben. Nach in früheren Jahren vorhergegangener Pfählung hat man Trockenmauern 8—12 m, auch bis 18 m und noch höher übereinander aufgestellt. Am unteren Ende des Verbaues wurde eine Felskehle mit thalsperrenartig gestellten Trockenmauern abgebaut. In der Planskizze 16, Taf. X, ist die Anordnung der Mauern im Anbruchsgebiet ersichtlich. Die am SW—NO Grat aufgestellten und 1.5 m hohen Mauern Nr. 1 und 6 wurden zur Verhinderung der Bildung von Schneehäufungen und Schneewehen im Anbruchsgebiete selbst erbaut.

Zur Vermehrung der Wirkung der Schneefänge ist theilweise eine schachbrettartig angeordnete Verpfählung ausgeführt.

Verbaungen an der Straße längs des Silvaplana-Sees. Die Mauern dieser Localität wurden von den Ingenieuren der Straßenverwaltung zum Schutz der Engadiner Straße gegen Lawinen, die von der Felswand „La Fratta“ herabkommen, hergestellt. Aus dem Querprofil in Fig. 20, Taf. X, sind die 0.8 oder 1.0 m Kronenstärke haltenden Trockenmauern mit 25 % igen Böschungen ersichtlich, die, entgegen den bisher beschriebenen anderen Ausführungen, mit einer schwach muldenförmigen Steinausfüllung zwischen Mauerkrone und natürlichem Abhang versehen sind, und machen diese Terrassen den Eindruck des ungemein Haltbaren. Thatsächlich sollen dieselben auch von Lawinen, die zeitweilig in den Lehnen oberhalb der Felswand anbrechen und bis in den See schlagen, nicht beschädigt worden sein, ein Zeichen, dass ihre Konstruktion eine widerstandsfähige ist.

Von den freistehenden, also nicht hinterfüllten Mauern anderer Oertlichkeiten sind aber auch nur wenige Fälle angegeben worden, wo ein Schadhafwerden der Mauer ersichtlich war, und wird dasselbe entweder ungünstigem Fundament oder schlechtem Steinmaterial zugeschrieben. Nur der Kreisförster Müller in Faido wusste von einer durch Lawinenbewegung umgeworfenen oder eigentlich in ihrem oberen Theil abasirten Abbaumauer im Tessinthal zu sprechen, doch waren dort die Höhen-Entfernungen

zwischen den einzelnen Bauwerken sehr bedeutend und jedenfalls zu groß. Coaz zieht die freistehenden Mauern den hinterfüllten vor, weil letztere um das Maß der Hinterfüllung weniger Schnee zurückhalten können.

Beim Verbau eines Lawinenzuges ob der „Fratta“ am Silvaplana-See behufs Waldschutz sind die an beiden wenig eingeschnittenen Ufern erbauten Trockenmauern, die 20 bis 35 m hoch übereinanderstehen, durch kleine Steinterrassen oder Thalsperren verbunden. Wasser, vielleicht auch Schutt kann über dieselben hinwegfließen, Schnee stützt sich an dem horizontalen Theil der Sperren.

Trockenmauern in den Maloja-Kehren. Die in dem Steilabfall von dem Maloja- oder Maloggia-Pass in's Bergell führende Straße hat in den zahlreichen Serpentinien Mauern mit und ohne Hinterfüllungen. Selbst an den Straßenböschungen sind Mauern angebracht, die von dem dortigen plattigen, in Menge vorhandenen Steinmaterial leicht hergestellt werden konnten.

Lawinenbauten im Tessin- und Reußthal wurden sowohl durch die Forstverwaltung, als auch durch die Gotthardbahn Gesellschaft ausgeführt.

Verbau am Monte Pettine, oberhalb Varenzo und Catto nächst Faido am linken Tessinufer in der Meereshöhe von 2150—2400 m vor zwei Wintern ausgeführt. Derselbe wurde noch im Schnee liegend gefunden, wobei letzterer hinter den Trockenmauern  $\frac{7}{5}$  füssig gelagert war. Viele kurze Mauern stehen ziemlich regellos übereinander und hat Coaz zahlreiche Ergänzungen angeordnet. Laut Angabe eines Ortsbewohners von Quinto ist eine Oberlawine über die Mauern abgegangen. Beschädigungen waren keine zu sehen.

Lawinen an der Gotthardbahn. Die nördliche im Reußthal liegende Rampe, die eine Thalsole von 800 bis 1100 m Meereshöhe mit beiderseitigen Gebirgskämmen bis zu 3000 Meter aufweist, hat ein jährliches Niederschlagsquantum von 1010 mm\*). Die Schneehöhe im Thalboden wird mit drei Fuss, an den Gehängen hinauf rasch zunehmend, angegeben. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge der Südrampe zwischen Faido und dem Gotthard ist mit 1520—1600 mm jener des Reußthales bedeutend überlegen.

Obwohl die Trace an zahlreichen Punkten, wo sie im Bereich von Lawinen liegt, schon durch Lage oder Bauten geschützt ist, so haben die im schneereichen Winter 1887/88, ebenso wie am Arlberg, an verschiedenen Stellen

\*) Die Niederschlagshöhen der Gotthardbahn habe ich in Ermangelung anderer mir zur Verfügung stehender Daten dem Hellwag'schen Werk: „Die Bahnachse und das Längenprofil der Gotthardbahn“, 1876, entnommen. Doch sind dieselben wahrscheinlich etwas zu hoch und nur unter sich vergleichbar, wie aus der Gegenüberstellung des neunjährigen Durchschnittes des Gotthardhospizes in 2093 m Seehöhe, der bloß 1588 mm ergibt, ersichtlich ist. Nachfolgend sind noch zum Vergleich von einigen anderen Stationen der Gegend die Niederschlagshöhen angegeben:

	Seehöhe	Jahre	Jahresmittel	} Entnommen der „Ztschft. der öst. Gesellschaft f. Meteorologie“ 1879.
Andermatt . . .	1448 m	7	1033 mm	
Bellinzona . . .	229 m	9	1737 mm	
Faido . . . . .	722 m	8	1366 mm	
Lugano . . . . .	275 m	10	1613 mm	

Man vergleiche auch die Schneetiefen im Vortrag: Der Schnee u. s. w.

abgegangenen und die Bahn verschüttenden Lawinen, neuerlich Fragen einer entsprechenden Schützung wachgerufen, und sollen im Nachfolgenden einzelne der Lawinen sowie deren Abbauten beschrieben werden.

Lawine bei km 42.9/43.0 im Brustthalbach bei Erstfeld. Letzterer ist an dieser Stelle mit einem offenen Durchlass (Blechträger), 6 m weit und 3 m hoch, über setzt und schließt nach aufwärts ein gepflastertes Gerinne mit beiderseitigen Schutzdämmen gegen den Austritt der Murgänge an. Die Lawine, welche 3 m über dem Bahn-niveau und 5 m hoch über der weiter unten liegenden Straße sich ablagerte, hat die Eisenkonstruktion zu Thal getragen, welche sodann, da sie unbeschädigt war, wieder eingelegt wurde.

Ursch-Lau und Entschigthal-Lau bei Wassen\*). Erstere flog vom Diedenhorn zum Theile über die Reuß, zum Theil zerstörte sie seitlich unterhalb der Anbruchstelle einen bestanden Schutzwald, sowie mehrere tiefer gelegene Ställe. Durch die Staublawine herrschte in Wassen durch etwa acht Minuten beinahe vollständige Dunkelheit; infolge des großen Luftdruckes wurden Fenster eingedrückt und durch dieselben, sowie durch die kleinsten Ritzen der staubfeine Schnee in die Wohnungen und Ställe hineingetrieben. Die Dächer und Straßen erhielten eine Schichte von Schnee und zerstreut liegenden Holz- und Tannenzweigen. Die untere, etwa 1½ m hoch mit Schnee und Zweigen bedeckte Bahnlinie wurde in kurzer Zeit wieder freigemacht.

Am gleichen Tage gingen im vom Mittagsstock (2642 m) sich herabziehenden Entschigthal um 9½ Uhr Vormittags und 2 Uhr Nachmittags zwei Grundlawinen nieder, welche die hergestellten Gerinne über den Galerien der mittleren und oberen Bahnlinie passirten, ohne auf die untere Linie zu gerathen (Fig. 18 Taf. X). Kurz nach 3 Uhr brach im gleichem Thal hoch oben eine Staublawine ab und gelangte laut Angabe im direkten Fall durch die Luft, vom Wind gegen Süden abgelenkt, an die südliche Mündung der mittleren Schutzgalerie, woselbst das Geleise 2 m hoch überschüttet und auch in die Galerie selbst hineingetrieben wurde. Eine halbe Stunde später brach eine vierte und zugleich größte Staublawine los und ging etwa 15 m vom Nordportal der Galerie entfernt nieder. Durch den ungeheuren Luftdruck, der nun von Norden her in die mittlere Galerie eindrang, wurden die daselbst anscheinend in gedeckter Stellung befindlichen Arbeiter, die das Geleise vom Schnee der dritten Lawine freimachen wollten, verschüttet. Die Schneemassen bedeckten nicht nur den bis zu 10 m tiefen und 100 m langen nördlichen Voreinschnitt in der Höhe von 5–10 m, sondern sie wurden auch in die 50 m lange Schutzgalerie förmlich hineingepresst.

Meiner Meinung nach dürfte diese Hineinpressung weniger durch den von Norden herkommenden Luftdruck, als vielmehr durch das Aufprallen der lockeren Schneemassen und der Luft an die thalseitige hohe Voreinschnittsböschung und Ablenken

an die beiden Seiten, somit auch in die Galerie hinein erfolgt sein; ich erachte daher in ähnlichen Fällen die Herstellung eines vollkommen ausgeschlitzten offenen Anschnittes für nothwendig.

Die mittlere Entschigthal-Galerie wurde noch im Jahre 1888 nach beiden Seiten verlängert (siehe Fig. 21), und kamen vor dem neuen Nordportal zwischen der oberen und mittleren Galerie zwei untereinandergestellte Schutzdämme zur Errichtung. Der zur Verfügung gestandene Credit für diese Arbeiten betrug 100.000 Frs.

Verbauungen an der Gotthardbahn-Südrampe. Die Besichtigung der Arbeiten hat sich insbesondere lehrreich dadurch gestaltet, dass die durch die Lawinen im verflossenen Winter an den Bauwerken angerichteten Schäden bis zu der Begehung nicht reparirt wurden, so dass ein guter Einblick in die Wirkungsweise der bewegten Schneemassen gewonnen werden konnte. Ich kann daher nicht unterlassen, sowohl dem Bahn-Ingenieur Gruber, als dem tüchtigen Bahnmeister Kim meinen besten Dank für die seltene Selbstverläugnung, die sie dadurch an den Tag gelegt haben, zu erstatten.

Im Allgemeinen wurden außer Verpfählungen auch etwa 2½ m hohe Schneefänge aus oben etwas zu Berg geneigten Doppelschienenständern mit horizontalen Querriegeln aus Altschwellen oder am Berg oben beschafftes Rundholz hergestellt (siehe Fig. 1 und 2 Taf. XI). Die beiden obersten Schienenenden einer Altschienen Doppelsäule wurden durch 4.5 cm breite und 1 cm dicke U-Eisenbänder, die an den Enden Schraubengänge nach Fig. 3 Taf. XI angedreht hatten, welchen sodann nach Einschub eines Bügels die Schraubenmuttern anzuziehen waren, zusammengehalten. Das Gewicht eines solchen kompletten Ringes beträgt beiläufig 5 kg. Dort wo durch stark rutschenden oder stürzenden Schnee die Schneefänge stärker als gedacht in Anspruch genommen wurden, zeigten sich die Schrauben bei a abgerissen. Auch konnte bemerkt werden, dass durch Druck oder Schlag die oberen Ringe, an den Schienenenden aufsteigend, herausgeschoben zu werden drohen. Schneefänge aus Doppelschienen mit Rundholz, wo zu den obersten Ringen die schwächeren, zu den unteren die stärkeren Theile eines Baumstammes gebraucht waren, zeigten zum Theile die obersten 15 bis 20 cm messenden schwächeren Wipfelenden durch stürzende Schneebrückentheile Bäume u. s. w. gebrochen, und waren entgegen ihrer ursprünglichen Stellung etwas thalab geneigt und in ihrer Bodenbefestigung gelockert, welch' letzterer Uebelstand auch bei weniger Druck oder Schlag zu beobachten war. An den Enden der Schneefänge waren zur Einhaltung der Riegelentfernungen lose Stempel a (siehe Fig. 1) eingezogen gewesen. Diese sind vielfach herausgefallen, zum Theil ganz verschwunden und die Schwellen oder Holzriegel herabgesunken. An eine bleibende Befestigung derselben ist daher jedenfalls zu denken.

Kim erzählte, dass bei einer Knapp an der Bahnlinie hergestellten größeren Schutzwand von mehreren Metern Höhe hochkantige Flacheisenbänder, mit welchen die oberen Schienenenden bergseits in's Terrain verankert waren, durch den Schneedruck verbogen wurden und die Wand dadurch bergseits zogen.

\*) Bechtle, „Lawinenstürze bei Wassen.“ („Schweiz. Bauztg.“, XI. Band.)

Die neueren Schneefänge hat man bloß 1.5 m hoch aus 3 m langen Säulen und 0.2 m starken Rundholzriegeln gemacht, eine Maßregel, der ich deshalb nicht beistimmen kann, weil die Gefahr des Eintrittes anderweitig nachgewiesener Oberlawinen bedeutend vergrößert wird.

Beim Verbau im Vallone Calcestri nächst Piotta km 91 $\frac{1}{3}$  waren auch Schneebrücken aufgestellt worden. Längs einem Langholz, welches stärkere Pfähle, deren Spitzen in die schwache, auf dem Fels liegende Schuttschicht von wenigen Decimetern eingetrieben waren, unterstützten, wurden schwächere Pfähle in 0.4 m Entfernung horizontal in die genannte Schuttschicht eingeschlagen. Die senkrecht stehenden Pfähle bewegen sich beim Einschlagen, sobald die Holzspitzen den Fels erreicht haben, nach der Neigung der Felsfläche thalab und kommen daher nicht zum Feststehen, sondern stören noch den Zusammenhang der auf dem Fels liegenden verwurzelten Kruste, ein Uebelstand, der bei Verpfählungen unter gleichen Umständen auch eintritt. Diese schwache Konstruktion hielt dem Schneedruck nicht Stand und hat im verflossenen Winter eine abgegangene Oberlawine Schneebrücken weggerissen, Pfähle abgebrochen und Schneefänge beschädigt. Die Abbruch- und Rutschflächen, in denen die Bauten stehen, sind mit hohem, dichten Erlenwuchs bedeckt; die weichen Aeste haben die Tendenz sich thalab zu neigen, und bilden insbesondere oberhalb der Bauwerke ein derartiges, auf letztere sich lehndes oder stützendes Dach, dass die eigentlichen Schutzwände nur wenig oder gar nicht zur Wirkung gelangen konnten, indem thatsächlich auch die erwähnte Lawine abging. Ob durch Abrutschen von den Zweigen, Nachgeben von den schwachen Schneebrücken, zu große Distanz der Bauwerke oder andere selbst oberhalb der Bauten vorhanden gewesene Veranlassungen, die Lawine entstand, war nicht eruierbar. Dem Gesagten zufolge wäre die partielle Entfernung des Gestrüppes, in dem auch vor den Verbauungen Lawinen abgingen, durch streifenweise und horizontale Durchforstung und Abhauen des Restes bis auf 1 m bis 1.5 m von der Bodenoberfläche, zweifellos nur günstig.

Ein Theil der im Jahre 1888 ausgeführten oberen Bauten hatte bereits am 1. Februar 1889 die ersten Schneerutschproben auszuhalten und musste entsprechend ergänzt bzw. neu hergestellt werden. Einem Berichte Kim's, der mit einem Begleiter am 8. Februar die fraglichen Stellen begangen, entnehme ich Folgendes: Die Schneeabrutschungen fanden an der mit Gestrüpp bewachsenen Felslehne zwischen 1600 und 1670 m Meereshöhe (siehe Freihandskizze im beiläufigen Maßstab von 1:6000 in Fig. 4, Taf. XI) statt und drangen bis Kote 1290 m vor, wo sie in der Runse zum Stehen kamen. Die Schutzwände Nr. 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 (10 nur theilweise) sind voll des zurückgehaltenen Schnees und noch vollständig intakt. Bei Wand Nr. 3 dagegen, die eine circa 100 m lange Schneeabrutschung getroffen hatte, waren die mittleren Felder herausgerissen und an der Wand Nr. 7, welche ebenfalls in der Abrutschung stand, eine ganze Seite weggerissen und das Holz bis auf die Meereshöhe von 1290 m gebracht, woselbst ein Drittel der dort erstellten Wand umgeworfen wurde. Die von der felsigen und steilen Partie auf der Kote von 1670 nur 20 m entfernt gestandenen Wände

sind alle unversehrt stehen geblieben, trotzdem dieselben  $\frac{3}{4}$ füssig gegen die Bergseite geböschst ausgefüllt waren. Der in Bewegung gerathene Schnee zeigte glasharte Kugeln, während der verbliebene ungefähr 1.2 m tiefe Schnee kaum zum Betreten gefroren war. Die Ursache der Schneeabrutschung sieht Kim in dem aufwärts strebenden, stark niedergedrückten Gebüsch.

Ueberall dort, wo Trockenmauern zur Anwendung gelangten, sind in Rinnsalen mit Zuhilfenahme von Schienen und Steinplatten größere Durchflussöffnungen frei gehalten. Wo Holzriesungen stattfinden, was, da keine Bannwälder vorhanden sind, meist alljährlich vor sich geht, hat man sowohl in den Pfahlreihen, als auch in den Schneefängen schädliche Lücken gelassen.

Lawinenabbauten südlich des Tunnels bei Stalvedro km 87.8/88.6. Dieselben bestehen aus Verpfählungen zwischen denen in Abständen von 45 m Horizontal-distanz drei koulissenartig unterbrochene Reihen von Schneefängen oder Schutzwänden aus Schienenständern und Altschwellen, die noch von der Bauzeit herrühren, eingestreut waren. Ein großer Theil der Partie ist mit bereits hoher Lärchenkultur bestockt, von der bei den Aufforstungen die Rede sein wird.

Bei km 88 $\frac{3}{4}$  sind tiefe Runsen mit Thalsperren abgebaut, in denen entsprechende gewölbte Objekte eingeschaltet erscheinen.

In km 90/91 steht neben der Bahn eine 8 m hohe Schutzmauer, auf welcher noch weiters eine 4 m hohe Pfahlwand angebracht ist. Ähnliche solche Bauten existiren auch dort, wo Holzriesungen vorgenommen werden.

Lawine bei km 91 $\frac{1}{3}$ , Valanga nel vallone dell' acqua di Giofe nel Valbone dei Calcestri. Diese Lawine ist dem Bahnbetrieb sehr gefährlich, weil sie unmittelbar über hohe und steile,  $\frac{3}{4}$ — $\frac{1}{2}$ füssige Felsböschungen auf die Bahn herabstürzt. Dieselbe kam am 26. Februar als Staub- und am 28. März 1888 als Grundlawine. Sie wurde daher in den Jahren 1888 und 1889 nach einem generellen Kostenvorschlag von rund Frs. 11.500 abzubauen versucht, doch wird es noch mannigfacher Ergänzungen bedürfen, bis die Bahn gesichert ist. Das Wichtigste über die Verbauung ist bereits unter Bezug auf Fig. 4, Taf. XI, gesagt worden.

Lawinen bei km 94.640 bis km 95.016 im Riale di Bolla mit dem Anbruchgebiete am Gipfel des Tremorgio. Diese Lawine ist am 26. Februar 1888 zweimal als Staublaine und sodann am 29. März 1888 als Grundlawine gekommen und ist die größte und wichtigste, welche die Gotthardbahn bedroht. Die beiden Staublauen bedeckten die Bahn mit einer 2—4 m hohen lockeren Schneelage von km 94.640 bis 94.760 und km 94.810 bis 95.016, welche im Bahnbereich zumeist durch Schneepflüge beseitigt werden konnten. Die Morgens um 5 Uhr 45 Minuten abgegangene kolossale Grundlawine, welche die Bahn von km 94.760 bis 94.890 in einer Höhe bis 15 m, sowie die Gotthardstraße und den Tessin bedeckte, bestand aus festgepresstem, harten, nur mit Pickeln und Schneehauen zu lösenden Schnee. Im laufenden Jahrhundert kam die Lawine im gleichen Umfange bloß zweimal, nämlich in den Jahren

1806 und 1851, außerdem öfter in viel kleinerem Umfange, dann aber, wie z. B. im Jahre 1879, nur bis kurz über die Kantonsstraße gehend. Die Betriebsstörung dauerte 52 Stunden, während welcher Zeit die Personen- und Tages-Schnellzüge durch Umsteigen mit unerheblichen Verspätungen befördert wurden. Die große Lawine kam aus der Höhe von 2600 m Meereshöhe, wo sie sich von dem steilen Gehänge des Tremorgio ablöste und in die Schlucht des Riale di Bolla niederstürzte. Durch den von ihr erzeugten Luftdruck wurden die Dächer einiger Ställe abgehoben und eine beim Straßenübergang und am Riale di Bolla gelegene Wärterhausbude umgeworfen\*). Bemerkenswerth ist der Umstand, dass auch hier, wie in einigen früher vorgeführten Fällen, abgesehen von den Staublawinen auch die Grundlawine nicht im tief eingeschnittenen Wildbachgerinne blieb, sondern dort, wo dasselbe auf den eigenen Schuttkegel heraustritt, an welcher Stelle auch ein Knie in der Richtung des Gerinnes vorhanden, das Gerinne selbst verließ und in mehr gerader Richtung, dem oberen Lauf des Baches entsprechend, sich über den Schuttkegel ergoss. Die Masse der Staublawinen betrug 130.000 m<sup>3</sup>, jene der Grundlawine 270.000 m<sup>3</sup>. Ein aufgestelltes Abbauprojekt ergab trotz hoher Kosten (Frs. 85.600) noch keine Gewähr einer vollkommenen Verbauung, insbesondere nicht gegen Staublawinen, ebenso wenig als Dämme oder Mauern auf dem Schuttkegel, welche durch die Staublawinen zum Theil hinterfüllt, die Grundlawine als darüber gehende Lawine passiren lassen würden, so dass vorläufig umsomehr auf einen Schutz der Bahn verzichtet wurde, als auch der als Experte berufene Oberbaurath Thommen in einem mir mitgetheilten Gutachten\*\*) sich im Allgemeinen gegen kostspielige Versicherungen aussprach. Indem ich auf die bezogene, sehr interessante Schrift verweise, möchte ich Einiges hieher Gehöriges hervorheben, und zwar sagt Thommen: „... Ob vielleicht ein Theil der Schneemassen durch Fänge in der engen Schlucht des Riale di Bolla zurückgehalten werden könnte, aus welcher sie auf den Schuttkegel hinausstürmen, vermag ich nicht zu beurtheilen. Hingegen glaube ich mich dahin aussprechen zu dürfen, dass, wenn auch nicht das Ganze, so doch vielleicht ein großer Theil der Schneemassen auf dem Schuttkegel oberhalb Bahn und Straße durch Dämme oder massive Mauern zurückgehalten werden könnte, welche staffelförmig übereinander und jede einer Horizontalkurve des Schuttkegels folgend, errichtet würde. Jeder solche Damm macht sich in zwei Richtungen wirksam. Die vorstürzende Grundlawine muss sich an demselben stauen; ein Theil ihrer Masse wird dabei zurückgehalten, der überquellende und weiter fortmarschirende Theil in seiner Fortschrittsgeschwindigkeit etwas ernäßigt. Dies Spiel muss sich an jedem Damm wiederholen. Bei genügender Oberfläche des Schuttkegels ließe sich derart schon eine beträchtliche Grundlawine zur Ruhe bringen.“ Die Aufnahmen nach der Expertise ergaben die oben erwähnten kolossalen Schneemassen und ließen dieselben bei den vorliegenden Ver-

hältnissen einen Erfolg verheißenden Versuch nicht zu, immerhin aber könnten sich andere Fälle hierzu eignen.

Lawinen bei km 95·458—545 und 95·897—96·025. Erstere kam am 29. März 1888 und bedeckte die daselbst im Damm liegende Bahn auf 150 m Länge mit einer 2 m hohen Schneelage; ein Ast der Lawine zweigte gegen Norden ab. Die zweite Lawine stürzte am 26. Februar 1888 auf die Bahn und gab eine bis zu 2·7 m hohe Schneelage auf derselben. Der Baumstämme halber, die im Schnee enthalten waren und die der raschen Reinigung der Geleise hinderlich sind, wurde mit den Verbauungen in den Anbruchsgebieten begonnen.

Leitwerk oder Ablenkungsmauer bei Fontana im Val Bedretto, Canton Tessin. Gegen die im Wildbach Ruvino für den an der oberen Wurzel seines Schuttkegels liegenden Ort Fontana schon einigemal verhängnisvoll gewordene Lawine (Näheres darüber sammt Abbildungen in Coaz' Werk) ist eine 5—6·8 m hohe Trockenmauer nahezu parallel zum Bachlauf und Lawinenstrich nach Fig. 5 und 6 kürzlich aufgestellt worden. Für Durchführung des Verbindungsweges für die Thalortschaften ist eine 3·5 m breite Lücke gelassen mit gekrümmten Mauerenden, wodurch letztere koulissenartig stehen, so dass dem Einpressen des etwa in 3·5 m Breite eindringenden Lawinenschnees einiger Widerstand geboten sein dürfte. Die Mauer hat gegen den Bach eine Böschung von  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{10}$ , schließt am oberen Beginn an einen Felskopf an, steht vorläufig noch ganz frei, soll aber später mit einem Damm hinterfüllt werden. Das rechte Bachufer wurde durch Felssprengungen erheblich nachgenommen. Die über den Riale dei Ruvino gespannte Holzbrücke, ein Sprengwerk von 9 m Lichtweite und 6 m freier Lichthöhe mit steinernem, aus dem Terrain bzw. aus dem breiten Lawingerinne hervorstehenden Widerlager, wird jedesmal von der herabkommenden Lawine mitgenommen.

Schutzmauern von Bedretto. Dieser am linken Tessinufer liegende Ort ist von zwei Seiten bedroht:

Knapp unterhalb des möglichst weit an die Tessin-terrasse und von der Lehne weggerückten Ortes mündet ein Wildbach, dessen Bett im oberen Theil in der Verlängerung die Ortschaft nahezu tangirt. Gegen die dort herabkommenden Lawinen wurde im Jahre 1839 am Bachrand zur Erhöhung des Ufers eine oben 0·7, unten 0·3 m hohe, 1·7 bis 2·8 m breite Mauer von 40 m Länge mit  $\frac{1}{5}$  füssiger Böschung gegen den Lawinengang und  $\frac{1}{3}$  füssiger rückwärtiger Dossirung hergestellt. Dieser Schutz erfuhr sodann nach 1863, in welchem Jahre am 7. Jänner 30 Personen des Ortes durch Lawinensturz verunglückten, eine Verlängerung von 20 m tobelaabwärts mit 3 m Höhe und 3 m Breite und rückseitigem Erddamm. Der Bach bildet daselbst ein schwaches Knie, und da die neue Mauer parallel zum selben gestellt wurde, so erzeugen die beiden Mauern einen stumpfen Winkel.

Ueber die am rd. 8 m tiefen und eine obere Breite von 20 m besitzenden Bach liegenden Mauern ging im Jahre 1887 eine Lawine, welche in ein weit unter der Mauer gelegenes gemauertes Haus eindrang. Das Bett hat offenbar nicht die ganze Schneemasse fassen können

\*) R. Bechtle. „Die Lawinenstürze auf der Südrampe der Gotthardbahn.“ — „Schweizerische Bauzeitung“ 1888.

\*\*) Gutachten über die Nothwendigkeit des Schutzes der Gotthardbahn gegen Lawinen etc. Luzern.

und überstieg letztere wahrscheinlich bei der Krümmung die Ufermauern.

Die andere Bedrohung des Ortes durch Lawinen erfolgt unmittelbar von den Lehnen bergseits von Bedretto. Dasselbst sind oberhalb des Ortes und im schiefen (ablenkenden) Winkel gegen die Lawinen Mauern hergestellt, die hart an den Häusern stehen. Die oberste, 50 m lange, jetzt 4 m hohe, vor einem Jahrzehnt bedeutend niedrigere Mauer mit einem Erddamm dahinter steht um 6.5 m vor der Flucht der weiter unten errichteten, welche eine Lücke von 5.8 m zwischen sich lassen. Diese zweite, 3.0 m hohe und rund 25 m lange Mauer hat eine Oeffnung von 4.6 m Weite für den thalaufwärts führenden Fussweg, während eine weitere Stelle in derselben auf eine jetzt geschlossene Oeffnung, die 2.7 m betrug, hinweist. Die Mauern haben Rollscharen und sind mit Fettkalkmörtel hergestellt. Nach Angabe ist seit 1863 an diese Mauern keine Lawine mehr herangekommen.

Ablenkungsdamm und Felseinschnitt für die Lawine im Val d'Auriglia bei Selma, Calankathal (Graubünden). Damm und Einschnitt sind aus Fig. 7, Taf. XI zu entnehmen und bezwecken, die Lawine in mehr gerader Richtung thalab zu führen.

Ablenkungsdamm bei Rossa im Calankathal. Fig. 8 bis 10, Taf. XI. Das alte, in der Fig. 8 angedeutete Wuhr ist im Winter 1887/88 zerstört worden. Wie aus der Situation ersichtlich, war die Richtung der Lawine nahezu senkrecht gegen den Steindamm gerichtet gewesen. Das neu projektierte Werk wurde etwas mehr thalabwärts der frühern Stelle und in möglichst spitzem Winkel gegen die Fallrichtung der Lawine und vermehrter Länge angeordnet.

Verbauungen bei Leukerbad. Eines der reichsten Beispiele für Lawinenverbau bietet die Geschichte der Lawine,\*) welche den Kurort bis zur Vollendung der Sicherungsarbeiten im Anbruchgebiet bedroht hat.

Nachdem Leukerbad allmählig aus einem Bergdorfe zu Anfang des 16. Jahrhunderts fast ein Städtchen geworden, stürzte im Winter 1518 vom östlichen Bergabhange eine gewaltige Lawine auf den Ort, zerstörte viele Gebäude und tötete 61 Personen. Man baute einige Dämme gegen die Lawine, doch kamen gegen Ende des 16. Jahrhunderts die Lawinen siebenmal in den Ort und zerstörten sämtliche Bäder und Gasthöfe. Erst nach und nach erholte sich der Ort wieder von diesen Katastrophen. Man baute das „weiße Haus“ und schützte es durch einen Damm. Eine Staublawine am 17. Jänner 1719 Nachts 8 Uhr zertrümmerte das Dorf bis an die Kirche, wobei 53 Menschen um's Leben kamen. Das durch den erwähnten Damm geschützt sein sollende „weiße Haus“ war bis auf den ersten Stock weggerissen. Neuerlich ging eine Lawine am 6. März 1720 ab, welche die provisorisch hergestellten Bauten wieder niederwarf. Zum Schutze des Bades wurden abermals mehrere Dämme hergestellt. Dessenungeachtet drang in den Jahren 1756, 1767 und 1793 die Lawine immer wieder zerstörend in den Ort. Im zweiten Jahrzehnt des gegenwärtigen Jahrhunderts wurde der große Damm mit bergseitiger

Trockenmauer oberhalb des Dorfes am Waldessaum begonnen. Man findet das obere, etwas gekrümmte Mauerstück (Fig. 11) von rund 30 m Länge mit den Jahreszahlen 1719/1722, das angeschlossene, gerade 153.5 m lange mit den Jahreszahlen  $\frac{1830}{1831}$  versehen. Die mit einem Damm hinterfüllte Mauer ist schief unter etwa 45° gegen die Lawineneinrichtung gestellt. Das Längenprofil des Lawinestriches ist in Fig. 12, Taf. XI dargestellt. Die äußersten Häuser von Leukerbad befinden sich 200—300 m unterhalb des Dammes, und zwar ist die oben erwähnte alte Schutzmauer an der „Maison blanche“ das nächste Objekt. Oberhalb der großen Mauer ist im Lawinengang noch eine alte Sperrmauer vorhanden. Obwohl seit der Herstellung des großen Schutzwerkes die Lawine nicht mehr in's Dorf und in die Bäder drang, so wurden neuerer Zeit der erhöhten Sicherheit wegen neue Arbeiten ausgeführt. Zwei Alternativ-Projekte lagen vor, und zwar:

a) Verlängerung und Erhöhung des unteren Endes des Ablenkungswerkes laut 10 bis 13, Fig. 13 und 11, sowie der Querprofile Fig. 14, Taf. XI zugleich Abtragung zweier Hügel bei 3 und 8 und Verwendung des Aushubmaterials, um der Lawinenbetrichtung einen spitzigeren Winkel gegen das Leitwerk zu geben.

b) Verbau des Lawinenanbruchsgebietes.

Man entschied sich für die Ausführung der Variante b und ist im Werke Coaz' der vom Ingenieur Zen-Ruffinen entworfene Plan der Ausführung dargestellt.

Bei der Begehung im Anbruchgebiete am 1. Juli waren die Pflöcke der Pfahlreihen ganz lose und zeigte sich auch die mit zu großen alten Lärchen-Pflanzen vorgenommene neue Aufforstung im Verbau zwischen 1850 und 2000 m Meereshöhe nicht gelungen, obwohl durch einen Graben mit daran schließender steiler Erddamböschung ein Abschluss gegen weidendes Alpenvieh vorhanden ist. Einzelne neue Pfähle geben Zeugnis von der Erhaltung.

Der große Damm aus der Periode 1719—1831 selbst ist mit Lärchen bewachsen und hat im Lawinengang vor sich ein Wäldchen längs der Mauer etwa 15jähriger und etwas mehr bergseits derselben 30jähriger Lärchen stehen. Selbst im schneereichen Winter 1887/88 ist keine Lawine zur Bildung gekommen und dürfte nun Leukerbad selbst für ganz außerordentliche Verhältnisse geschützt sein.

Verbau der Rieselaui ob Gsteigwyler bei Interlaken. Die Rieselaui ist ein steinschlägiger und zu Zeiten Wasser und Muhren führender Lawinengang innerhalb der Waldgrenze. Derselbe ist mit Pfahlreihen, die auf 20—30 cm Höhe mit Fichtenzweigen verflochten sind, zwischen Terrassen (Mauern mit Schutthinterfüllung), zum Theil auch bergseitig abdachend hinterfüllten Fangmauern versichert. Die Mauern der Terrassen stehen bloß 8—10 m übereinander und sind dann dazwischen je zwei Pfahlreihen eingeschaltet. Zur Stützung überhängender gefahrdrohender Felsen sind zur Unterfangung derselben Stützwerke aus Trockenmauerwerk mitunter stufenförmig aufgebaut. Die verbauten Flächen wurden mit Kulturen bestockt und waren die selbst in ganz kahlen, wenig gebundenen Kalkschutt gut gedeihenden Pflanzen thalseits durch je einen Pfahl gestützt

\*) Entnommen: Ad. Brunner. „Das Leukerbad.“ Basel 1887.



„weil die Aeste, bei Schneedruck den Pfahl umfassend, die Pflanze nicht seitlich und zu Thal biegen lassen“. An Stellen, wo nach der Pflanzung noch gearbeitet worden war, sind behufs Hintanhaltung von Beschädigungen um jede Pflanze drei Schutzpfähle geschlagen worden. Zahlreiche Fichtenpflanzen zeigten bergseitig durch Steinschläge die Rinde abgeschlagen und sind aus diesem Grunde eingegangen. Nach Kreisförster Marti\*), unter dessen Leitung die dortigen Verbauungen und Aufforstungen stehen, eignen sich daher dieselben für steinschlägige Abhänge nicht, viel besser die Lärche, welche auch nach größeren Beschädigungen noch weiter wächst.

### 1. Schutzwerke gegen die Wirkung der Lawinen.

Schutzdämme und Mauern und Ablenkungswerke. Schon aus dem Mittelalter sind uns Bauten in den Thalgründen bekannt, die eine Schützung der Wohnstätten vor Lawinenstürzen bezweckten. Dass dieselben, wie wir beispielsweise aus der Leidensgeschichte von Leukerbad entnommen haben, nur wenig oder gar nicht nützen, mag wohl zum nicht geringen Theil in den anfänglich primitiven und zu kleinen Dämmen oder in unrichtiger Anlage seinen Grund haben. Die Lawinen überstiegen die Mauern und verübten wie früher ihr Werk der Zerstörung. In Bedretto sind noch die Spuren der mehr der neueren Zeit angehörigen Erhöhung der alten Mauern an den früheren Rollscharen kenntlich.

Keiner von den noch jetzt bestehenden älteren Schutzdämmen steht senkrecht zur Lawinenrichtung, sondern alle mehr oder weniger in einem spitzigen Winkel oder parallel zu derselben. Man war sich offenbar klar, dass der gegenüber einer Flüssigkeit nur schwer bewegliche Schnee, wenn er ziemlich senkrecht an eine Mauer kommt, sich dort aufstauen und, dem Drucke nachgebend, die Mauer übersteigen wird, statt sich auf größere Länge stromartig rechts und links an der Mauer entlang auszubreiten. Nur bei hoher Anprallwand, bedeutender Geschwindigkeit, großem Druck und lockerem Schnee, wie wir es z. B. bei der Einpressung der vierten Staublawine in die Galerie bei Wassen S. 31 gesehen haben, wird dies möglich. Die Stauungen im schweren, gewöhnlich in Bewegung gerathenden Schnee zeigen sich an der Schutzwand im Bachfallentobel, im Tobel ob Stuben und im Legumtobel. Um daher einen größeren Schneestrom zurückhalten zu können, müssten je nach der Neigung des Terrains bedeutende Mauerhöhen zur Anwendung gelangen, wobei außerdem der zur Ablagerung nöthige Raum oberhalb und längs der Mauer vorhanden sein muss. Ferner ist aber auch denkbar, dass eine schief zur ankommenden Lawine gestellte Schutzvorrichtung mit möglichst lothrechter Anprallfläche weniger stauende und mehr ablenkende Wirkung hervorbringen wird, wenn sie den vorhandenen und eintretenden Verhältnissen möglichst Rechnung trägt.

Die natürliche Ablenkungsfähigkeit einer Lawine hängt außer von Nebenumständen vorwiegend von der Masse und Geschwindigkeit ab. Geringe Mengen bei mäßiger Geschwindigkeit folgen selbst wenig eingeschnittenen oder

tieferen, aber durch Schneeauffüllung seicht werdenden Mulden oder Runsen; größere Massen treten leicht über die Ufer, Stauungen müssen daher vermieden werden; rasch daher kommende Lawinen übersetzen leicht Hindernisse, Ecken und Krümmungen, und bewegen sich mehr in gestreckter Richtung. Dies sind Fingerzeige für die Behandlung der zu lösenden Aufgaben. Nachdem ein Ablenkungswerk einerseits um so länger werden muss, je spitziger der Anprallwinkel wird, anderseits bei weniger spitzem Winkel die Länge des Leitwerkes wohl geringer wird, dafür aber die Stauung sich vergrößert und damit die Gefahr des Uebersteigens desselben wächst, so ist die Wahl des Winkels nur auf Grund der geringen bisherigen Erfahrungen ermöglicht. Wir haben früher gesehen, wie Terrainhindernisse, Schneeanhäufungen, Bachkrümmungen, Baumstämme u. dgl. Ursache waren, dass Lawinen, ihren eigentlichen vorgezeichneten Lauf verlassend, in mehr gerader Richtung thalab stürzen. Der größte Winkel, unter dem noch ein künstliches Ablenken stattfinden kann, wird also beeinflusst von der Beschaffenheit (Fließbarkeit) des Schnees, der Bewegungsgeschwindigkeit und je nach der Schneemenge, dem Rauigkeitsgrad des Ablenkungswerkes und der Sohle des Ablenkbettes.

Sowohl die Mauern bei Fontana, als der Damm samt Einschnitt bei Selma sind der Lawinenrichtung parallel. Die anderen ausgeführten Leitwerke weisen folgende Winkel zwischen Lawinenrichtung und Ablenkwerk auf: am Sonnenstein 20—44°, im Mittel also 32°, bei Leukerbad 40—42° für die alte Lawinenrichtung, dagegen nur 31° für das projektirt gewesene neue Lawinenbett, am Brückelgraben anfänglich 0°, jedoch allmälige Ueberführung aus der geraden in die gekrümmte Richtung mit 80 m Halbmesser, am allerdings niedrigen Ablenkungswuhr bei Rossa, über welches auch die Schneemasse hinwegglitt, 60—70°, beim neu projektirten rund 30°, beim Leitwerk am Gesäusetunnel, wo die Lawinen sich ebenfalls über dasselbe ergossen, rund 60°, und bei der noch nicht in Aktion gewesenen alten bekannten Mauer in Stuben 47°. Man ersieht hieraus, dass über 44° Ablenkungswinkel im Allgemeinen nicht gegangen werden soll und dass etwa 30° als ein brauchbarer Mittelwerth angesehen werden kann.

Oeffnungen in Leitwerken, wo der Anprall erfolgt, sind zu vermeiden (in Bedretto ist eine frühere Oeffnung derzeit wieder vermauert) oder auf das geringste Maß zu reduzieren (Fontana, Bedretto, Stuben) und wo thunlich durch sich möglichst deckende Flügelansätze (Fontana) oder Ueberwölben (Zürsbach in Stuben) unschädlich zu machen, indem sich möglicherweise der Schnee mit großer Wucht in dieselben presst. Wir haben gesehen, wie Eisenkonstruktionen und ausnahmsweise auch ein Gewölbe weichen mussten, doch sind letztere zweifellos widerstandsfähiger als erstere. Im Lawinenbereich liegende Bahn- oder Straßenobjecte sollten daher nur gewölbt werden und eine entsprechende Weite und Höhe besitzen, wenn sie als Lawinendurchlässe zu dienen haben. Selbstverständlich beeinflusst dies betreffenden Orts die Lage der Trace, man muss sie möglichst in den Auftrag legen, falls eine Tunnellirung oder Galeriebau auszuschließen ist. Dass das Gewölbe am Brenner der Lawine

\*) Siehe u. A. auch „Jahrbuch des schweiz. Alpenclub“ 1887.

weichen musste, war in einem Zusammentreffen ungünstiger Umstände begründet, die sich in gegebenen Fällen zum großen Theil vermeiden lassen. Die der Lawine zugekehrten Anprallflächen der Objekte müssen behufs Erzielung möglicher Widerstandsfähigkeit auf ein Minimum reduziert werden. Blechträgerbrücken mit aus dem Terrain bedeutend hervortretenden Widerlagern sind thunlichst zu vermeiden und auch bei Gewölben sollen große bergseitige Widerlagerflächen durch Versenkung vor Angriff geschützt sein.

Gegen eine Lawine in Chaumeny zwischen Bouveret und St. Gingolph am Ende des Genfersees ist ein keilförmiger Schutzbau im vorigen Jahre errichtet worden, welcher an der der Lawine zugekehrten Keilspitze eine 3–4 m weite Durchlassöffnung hat.

Leitwerke sind durchweg mit steiler Böschung meist  $\frac{1}{5}$ – $\frac{1}{2}$ füssig gegen die Lawinen gestellt, um ein Aufsteigen letzterer zu erschweren, flache Böschungen erleichtern natürlich ein solches.

Eines besonderen Uebelstandes der Leitwerke muss noch Erwähnung gethan werden: In den meisten Fällen bleiben die ersten Lawinen wenigstens zum Theil an denselben liegen, hinterfüllen sie also mehr oder weniger, wenn nicht Gefälle und Ablenkwinkel derart sind, dass die Massen wirklich weiter rutschen; kommen nun später wieder Lawinen so nützen die Werke nicht mehr, da die meist dichten Lawinenkegel relativ sich viel weniger setzen und abschmelzen, als lose fallender Schnee in den Anbruchgebieten. Man muss daher um die frühere Wirksamkeit herzustellen, zum Ausschaukeln, bzw. Raum machen, schreiten.

Es ist gewiss, dass Lawinen in einzelnen Fällen sich dazu eignen, durch genügend hohe Leitwerke oder Einschnitte von ihrer verderbenbringenden Spur abgelenkt oder auch durch sonstige Werke in ihrer zerstörenden Wucht etwas gemildert zu werden; doch sind derartige Fälle als Ausnahmen zu betrachten, da die Lawinen mehr oder weniger ihre Art, ihre Bahn, Breite, Stärke und somit ihre Masse und Wucht ändern, daher eine für alle Fälle genügende Sicherung, insbesondere für den ganz unberechenbaren Flug der Staublawnen, nur unter Anwendung außerordentlicher Vorkehrungen schwer erreichbar wird und dann selbst für viele Fälle eine Garantie der Wirksamkeit kaum zu leisten ist. Die relative, meist aber nur scheinbare Billigkeit solcher Mauern in manchen Fällen ladet aber zu ihrer Anwendung ein, doch werden sie immer zu niedrig projektirt und ausgeführt. Als ein Beispiel, wie wenig Vertrauen man solchen Schutzwerken entgegenbringt, mag die bereits vorgeführte Thatsache dienen, dass man in Leukerbad nebst den schon seit vielen Jahren bestandenen langen und hohen Ablenkungsmauern, sich dennoch entschloss, die betreffende Lawine auch in ihrem Anbruchgebiet abzubauen\*).

Dort wo Straßen und Eisenbahnen durch Galerien und Dächer, über welche die Lawinen unschädlich abgehen können, geschützt werden, soll die Neigung der Gerinne

\*) Die Mauer in Stuben ist merkwürdigerweise trotz ihres hohen Alters noch nicht in Aktion getreten, indem die Lawinen sie bisher noch nicht erreichten.

der des anschließenden Terrains entsprechen, da sonst große Schneemassen auf ihnen liegen bleiben, die zu theuren Erhaltungs- oder Abräumungsarbeiten Veranlassung geben. Die erwähnten Bauwerke müssen genügend lang hergestellt oder noch ausdehnungreiche Schutzmaßregeln (Leitwerke, Fangdämme u. s. w.) an den Portalen in der Länge sparsam bemessener Bauten in Anwendung gebracht werden.

Man hat nun im Allgemeinen das System der in den Thälern angebrachten Bauten gegen die Wirkungen der Lawinenstürze in neuerer Zeit zum Theil verlassen, ist aufwärts in die Anbruchgebiete gewandert und hat dort mit verhältnismäßig geringen Mitteln genügende Erfolge erreicht. Man kann einen Unterschied machen ob ein Verbau blos zum Waldschutz oder für Bahnen oder Gebäude dient. Bei ersterem darf man zeitweise abgehende Oberlawinen, die weder die ausgeführten Verbauungen noch unten stehende Bäume schädigen — indem die kräftigeren Stämme die Schneemassen durchlassen, der Jungwuchs zeitweilig elastisch umgelegt wird, nach dem Abgang aber sich wieder erhebt — als ausnahmsweise zulässig ansehen, weshalb die zurückhaltenden Werke niedrig dimensionirt und höher übereinander stehend gefunden werden als in anderen Fällen. Bei Bahnen jedoch sollen auch geringe Schneemassen vom Bahnplanum fern gehalten werden, welches nicht selten knapp an oder selbst in der gefährdeten Lehne liegt, während Gebäude und Straßen meist entfernter von denselben sind, daher einigermaßen schützendes Vorland haben, wo abgehende Lawinen ihre Geschwindigkeit ermäßigen oder auch gänzlich liegen bleiben, Verhältnisse, auf welche bei Verbauungen Rücksicht zu nehmen sein wird.

## 2. Mittel zum Abbau der Lawinen im Anbruchgebiete.

Als solche sind alle jene Maßnahmen anzusehen, welche die Reibung zwischen Schnee und Unterlage vergrößern, sowie ein Abtrennen oder Abrollen losen Schnees verhindern.

Als ein Lawinenbildung hinderndes Mittel gilt dichter, geradstämmiger, nicht zu alter Wald, während steile Weiden, Wiesen, Felshänge, Mulden, Runsen und Tobel, sowie auch Krummholz-, Erlen-, Jungbuchen- und Junglärchen-Bestände u. dgl. in Folge ihrer elastischen Nachgiebigkeit die Bildung von Lawinen nicht immer und überall aufheben. Je steiler die Gehänge oder einzelne Theile derselben werden, desto weniger Schnee kann auf sie niederfallen und desto geringer werden auch die Lawinen. Man kann dies sowohl im Gesäuse, als auch an den Gehängen des Sarsteins studiren. An einzelnen steilen Felsflächen bleibt fast kein Schnee haften, er fällt, rollt oder rutscht in kleinen Partien immer bis an den Fluss der Fläche.

Es ist ein naheliegendes Mittel, durch Aufforstung der Anbruchgebiete die Bildung von Lawinen zu verhindern. Damit jedoch an solchen Stellen überhaupt das Fortkommen von Kulturen ermöglicht wird, sind bis zur Kräftigung derselben weitere Mittel in Anwendung zu bringen. Sie dienen dazu, die Bewegung des Schnees zu verhindern, welche einerseits den Anlass zur Lawinenbildung gibt, andererseits die zarten Pflanzen leicht entwurzelt. Diese Mittel sind: Verpfählungen und Schneefänge aus Holz,

Eisen und Holz oder Stein. Indem ich an die Besprechung der diesbezüglichen Erfahrungen schreite, will ich danach auch das Wichtigste über Aufforstungen selbst anfügen.

a) Die Verpfählung glatter Flächen besteht darin, dass Rund- oder Spaltholzpflöcke in einer Länge von 1.6 m in der Schweiz und bis 2.0 m Länge am Arlberg zur Hälfte nach entsprechender Vorbohrung in den Boden getrieben werden. In der Schweiz stehen die Pfähle meist reihenartig mit einer Pflöckdistanz von 0.6 m, Reihendistanz einige oder auch mehrere Meter. Längs des Bahnkörpers am Arlberg sind seit Jahren Verpfählungen zur Hintanhaltung von Schneerutschen auf das Bahnplanum angebracht, wo auf je fünf Reihen Pfähle, die in 0.9—1.0 m Entfernung stehen, eine Lücke nach der Höhe von 5 m folgt, worauf wieder obige fünf Reihen kommen u. s. f. Die Pfähle stehen so, dass je vier ein Quadrat bilden, dessen Diagonale beiläufig in der Richtung der Falllinie des Hanges liegt („schachbrettartige Anordnung“).

Diese Anlagen haben gut den bescheidenen Zweck, dem sie dienen, bei nicht zu bedeutenden Schneehöhen und nicht zu trockenem körnigen Schnee erfüllt, doch sind Ausrutschungen von Schnee aus den 5 m breiten Lücken oder oberhalb der obersten Pfähle beobachtet worden, so dass wohl nicht für eigentliche Lawinenzwecke, aber zur Stützung der Pflanzen am Arlberg eine Verpfählung ohne derartige Lücken (ein „künstlichen Wald“) in Anwendung gebracht wird.

Oberhalb der Verpfählung nicht zu hoch abreißende Schneemassen gehen entweder zertheilt zwischen den Pfählen durch oder rutschen darüber, wenn sie im Schnee stecken, dabei wohl auch Schäden verursachend.

Pfähle bis zu 0.3 m Entfernung geschlagen, kommen als geschlossene Pfahlreihen oder auch Pfahlwände am Arlberg untergeordnet in Anwendung.

Bald nach dem ersten größeren Schneefall zeigen sich jene Stellen, wo die Pfähle zu wenig Boden fassen konnten, indem sie durch den Schneedruck aus ihren Lagen gebracht werden.

Von den hie und da in felsigem Terrain (Compatsch, Gotthardbahn) angebrachten hölzernen Schneebücken war betreffenden Orts die Rede und ist deren Anwendung auf solche Partien zu beschränken, wo solidere Konstruktionen zu schwierig oder zu theuer sind.

Die vorgefundenen Verpfählungen waren sehr häufig in ihren Standorten gelockert. Zum erneuten Feststellen müssen sie nicht nur nach jedem Winter mit Steinen verkeilt, sondern, besonders in Ermangelung solcher, auch in den Boden nachgetrieben werden. Sie verlieren durch diese alljährlich vorzunehmende Prozedur an hervorstehender Länge. Wird einmal das erneute Befestigen der Pfähle unterlassen, so werden sie bei nächster Gelegenheit vom Schnee thalab gedrückt und schließlich herausgerissen, wie ich dies vielfach beobachtet habe. Glücklicherweise haben die Pfähle in den Hochlagen, wie es scheint, verhältnismäßig eine bedeutende Zeitdauer. Ausgewechselte Pfähle waren seltener zu sehen, hingegen aber solche, die bereits zehn Jahre und mehr ihren Dienst thaten; allerdings

werden sie gegen Ende ihrer Lebensdauer schwächer, können daher unter Schneedruck leichter brechen; eine rechtzeitige Erneuerung ist daher von hohem Einfluß für die Wirksamkeit derselben. Pfähle aus Föhrenstangen haben am Arlberg nach wenigen Jahren ausgewechselt werden müssen. Bei einer Untersuchung zeigte ein 8 cm dicker Pfahl bloß 1.5 cm festen Kern, alles Uebrige war ganz schwammig weich.

Im Allgemeinen soll man Verpfählungen und Holzwerk überhaupt über der Waldgrenze nur anwenden, wenn eine Aufforstung möglich und sie daher, nach genügender Erstarkung letzterer, nicht mehr erneuert zu werden brauchen, was nach einer groben Schätzung je nach Höhe und Lage 15—25 Jahre dauern dürfte, während welcher Zeit je nach Stärke und Güte der Pfähle an eine ein- bis dreimalige Erneuerung derselben zu denken ist.

Die Wirkung vorstehend behandelter Mittel auf die abgelagerten Schneemassen wird umso sicherer sein, je mehr das Bauwerk vom Boden aufwärts durch die ganze gefallene Schneeschicht durchgreift. Die Pfähle werden infolge ihrer geringen aus dem Boden herausstehenden Länge nur bis zu einer Schneeschichthöhe von etwa 1 m genügen. Bei höheren Massen rutscht der über den oberen Pfählenden befindliche Schnee erwiesenermaßen nicht selten ab, daher für größere Schneefälle, wo die Gefahr von Lawinenbildung immer mehr wächst, auch höhere Bauten nothwendig werden. Wenn im Gegensatz dessen die in der Schweiz bei den Lawinenverbauungen angewendeten Höhen der schneezurückhaltenden Bauwerke mit bloß 1 m Höhe gewöhnlich ausreichen, so mag dies darin liegen, dass allenfalls über den Oberkanten der Werke abgehende Oberlawinen nicht mehr jene Bedeutung erreichen, als wenn die ganzen Schneemassen in Bewegung gerathen.

Auch ist die Zahl der ohne Unterbrechung aufeinanderfolgenden Schneetage nur selten eine so große, dass in kurzer Zeit so viel Schnee fällt, dass die Werke vollständig voll wären, sondern treten gewöhnlich Pausen ein, innerhalb deren der Schnee sich setzen kann und Platz für neue Schneelagen wird.

Die Wirkungsweise der Verpfählungen überhaupt und der verschiedenen Anordnungen wird durch weitere Studien aufgeklärt werden müssen.

b) Schneefänge. Solche sind entweder aus Altschienenständern mit Altschwellen oder Holzriegeln oder aus Trockenmauerwerk hergestellt. Von den ersteren war das Wesentliche bereits betreffenden Orts Gegenstand der Besprechung. Mit Rücksicht auf ihre alljährliche Erhaltung und Nachbefestigung, sowie bedeutenden Kosten soll ihre Anwendung nur dort Platz greifen, wo andere Mittel nicht möglich sind. Wenn daher von denselben mehr oder weniger abgesehen wird, so sind die eigentlichen, den Schnee zurückhaltenden Konstruktionen die Trockenmauern. Bei geringer Stärke (gewöhnlich nur 0.6 m, bei bloß Leukerbad und ander Gotthardbahn bis zu 1.0 m) und Höhe von 1.0 m oder nur Weniges darüber sind dieselben überall mit Erfolg zur Ausführung gekommen, ohne dass durch Schneedruck oder Lawinen selbst Schäden an ihnen zu bemerken waren. Die bei den ersteren vor Dezennien

stattgehabten Ausführungen angewendeten größeren Distanzen der übereinanderstehenden Mauerwerke erfuhren bis in die neuere Zeit erhebliche Reduzierungen, so dass bei der gewöhnlichen Steilheit in solchen Gebieten die Distanzen oft auf 12—10 Höhenmeter abgemindert erscheinen.

Nach dem, was eingangs über die Schneemengen im Gebirge angeführt erscheint, und da weiters an vielen Orten unzweifelhaft über derartig niedrige Mauern abgehende Oberlawinen beobachtet worden sind, so muß als nöthige Maßnahme die entsprechend vermehrte Höhe der Mauern und sonstiger Schneefangvorrichtungen dort überall in's Auge gefasst werden, wo man auch Oberlawinen thunlichst vermeiden will. Man hat auch in der Schweiz bereits angefangen, bei den neueren Anordnungen die Mauern bis zu 1.5 m hoch zu machen. Am Arlberg sind sie 2.0 m hoch.

Die Mauer- oder Schneefanghöhe und der Höhenabstand der Werke muss eine schädliche, also rasche Bewegung der gefallenen oder zusammengewehten Schneemassen unmöglich machen. Infolge mangelnder einschlägiger Erfahrungen lässt sich solange nicht anders als probeweise, also dem Gefühle nach vorgehen, und darin liegt bis heute die schwache Seite der ganzen Abbauweise, bis nicht ausreichende, einschlägige Beobachtungen vorliegen oder die Gesetze der Stützungsmöglichkeit, des Abrollens oder Abfließens von Schnee und dessen Setzungserscheinungen an geeigneten Flächen näher erforscht sind.

Um möglichst wenig schwächere Stellen in den Schneefängen zu haben, wozu vor Allem die Enden gezählt werden müssen, an denen auch Spuren von rollenden oder rutschenden Bewegungen im Schnee vorhanden sind, vermeidet man, sie zu kurz zu machen oder unnöthige Lücken in ihnen zu lassen, wenn sie in derselben Schichtenkurve liegen, und macht lieber stufen- oder koulissenartig gebrochene Werke, wodurch weniger schädliche seitliche Durchgangsöffnungen entstehen. Die Trockenmauern bedürfen nur einer geringen Erhaltung, sind sehr stabil und widerstandsfähig und sollen, wo überhaupt möglich, überall hergestellt werden, selbst dort, wo sie gegenüber Holzbauten theurer kommen. Trotz der Besichtigung vieler, selbst schon 20 Jahre alter, mitunter primitiver Werke, wurde fast nirgends eine schlechte Trockenmauer gefunden, die Nacharbeiten erfordert hätte. Die Frage, ob die Mauern freistehend oder im hinterfüllten Zustande (Maloja, Silvaplana, Rieselaui) bessere Dienste leisten, ist dort, wo keine größeren Steinschläge drohen, (in welch' letzterem Falle Hinterfüllungen vorzuziehen sein dürften, da sie die Mauer vor Deformationen möglichst schützen,) nach dem dermaligen Stand dahin zu beantworten, dass die nicht hinterfüllten Mauern den Schnee besser stützen und sowohl ruhigen als bewegten Schnee besser zurückhalten dürften. Die vollkommene Lösung muss von weiteren Erfahrungen abhängig gemacht werden.

c) Aufforstungen. Bei Lawinenverbauungen, wo es sich um die Instandhaltung umfangreicher Ausführungen handelt, sollen durch Aufforstung einer dicht gesetzten aufrechtstämmigen, kräftigen, dem Schneedruck

widerstehenden Pflanzenart nicht nur die Erhaltungskosten allmählig wesentlich verringert, sondern soll außerdem noch eine vergrößerte Sicherung erreicht werden, indem der zweckentsprechende dichte Wald ein sicheres Mittel zur Verhinderung der Entstehung von Lawinen ist. Doch muss er gewisse Eigenschaften haben, und zwar: Er darf nicht von offenen Streifen (Wiesen, Bächen, Runsen, Holztriftrinnen u. dgl.) nach der Linie des größten Gefälles oder größeren von Lücken durchzogen werden; die einzelnen Stämme sollen ziemlich nahe aneinander stehen, daher darf er nicht zu alt werden, indem dadurch die Stämme einerseits zu weit voneinander stehen und das Abgehen von Schnee zwischen denselben ermöglichen, andererseits durch Ueberständigkeit und losen Stand leicht zu Falle kommen können. In den Alpen-thälern findet man zahlreiche alte Bann- oder Schutzwälder, die das Entstehen von Lawinen verhindern oder wenigstens ihre Wirkung abschwächen sollen. Ich habe an anderer Stelle\*) den heutigen Zustand der Bannwälder geschildert. Ueberständige, wurzelunsichere Stämme sollten wohl überall entfernt und die entstehenden Lücken nachgeforstet werden. Es ist jedoch nicht zu wundern, wenn dort, wo alte Wälder als Schutz gegen fallende Lawinen dienen, die Bedrohten einem massenhaften Entfernen von alten großen Bäumen, um einer Neuaufforstung Platz zu machen, Widerstand entgegenstellen, weil sie dadurch auch längere Zeit ihres Schutzes beraubt werden. Hier kann wohl nur eine allmähliche partienweise, wenn auch schwierige Verjüngung zum Ziele führen.

Wenn man unter natürlicher Waldgrenze jene höchsten Lagen im Gebirge versteht, bis zu welcher Höhe unsere derzeitigen Wälder vordringen, so wird in der Mehrzahl der Fälle die Meereshöhe von 1800 m gewöhnlich wenig überschritten und nur im Samnaun, Engadin und einigen anderen Lokalitäten reicht dieselbe wesentlich höher, sie steigt eben auch mit steigender Thalsohle. Dass in vielen Gegenden der Alpen, wo früher Wälder bestanden, jetzt dieselben verschwunden sind oder deren obere Grenze herabgedrückt erscheint und hauptsächlich den von den Gemeinden angestrebten Weideflächen zur Vergrößerung der Alpenwirthschaft Platz machen mussten, ist bekannt.

Im rauhen Oberengadin am rechten Innufer, mithin auf der Schattenseite zwischen Pontresina und St. Moritz geht der aus schönen Arven (Zirben, *pinus cembra*) bestehende, in den unteren Lagen spärlich mit Lärchen durchsetzte Wald 400 m über die 1800 m hoch liegende Thalsohle, mithin auf eine Meereshöhe von 2200 m, womit die größte Seehöhe der Waldgrenze erreicht ist; einzelne Bäume reichen bis 2400 m. Auf der gegenüber liegenden Lehne bei Silvaplana steht ein lichter, aus lauter überständigen, vom Lärchenwickler sehr beschädigten Lärchen bestehender Wald ohne Nachwuchs.

Bei der Begehung der Verbauungen ober Compatsch im Samnaunthal am 18. Juni 1890, die sich auf der Meereshöhe von rund 1850 m befinden, waren von den Kulturen im Verbau die frischen Triebe der jungen Lärchen

\*) Ueber die Anwendung der Photogrammetrie im Gebirge. Wochenschrift des österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890.

an den Wipfeln bereits wieder vollständig abgefroren, die Fichtentriebe ganz rothbraun, die Arven jedoch unbeschädigt. Wenn bei der Lärche die Wipfel versengt sind, so treibt später gewöhnlich ein Seitenast weiter, wodurch der verkrüppelte Wuchs vieler Hochgebirgslärchen sich erklärt. Aehnliche Beschädigungen zeigt eine ausgedehnte, 16 bis 20 Jahre alte Kultur auf dem linken Innufer oberhalb Samaden, und waren auf der Meereshöhe von beiläufig 1900 m die 20 cm langen Jahrestriebe der Arve bereits länger, als jene der Fichte. Die Arven waren vorsichtshalber daselbst zu je zwei Stück in Büschel gepflanzt und meist beide kräftig aufgeschossen. Der dortige sehr intelligente Kreisförster Gregori meint, dass das Fortkommen von Fichten in solchen Seehöhen dann vielleicht ermöglicht wird, wenn man dieselben erst dann pflanzt, wenn die Arven bereits eine gewisse Höhe (etwa 2 m) erreicht haben.

Bei den Abbauten nächst Stalvedro sind die zwischen den Pfahlreihen, welche 3 m von einander entfernt sind, eingebrachten Lärchen (wie es scheint, durch Mäuse) eingegangen, während an Vorköpfen, wo keine Pflöcke vorhanden waren, dieselben gut gedeihen. Ein reiner Lärchenbestand ist jedoch für Schneezurückhaltung trotz des raschen Wachstums gegenüber anderen Nadelholzarten viel zu nachgiebig und elastisch. Selbst schon größere, mehrere Jahre alte Stämme leisten wenig Widerstand und biegen sich unter einem dichten, reichlichen Schneefall oder dem langsam wirkenden Druck der anwachsenden Schneemassen zu Thal. Kiefern leiden von Schneebruch viel, stellen sich auch dicht, und die Buchen bekommen an Lehnen den bekannten Säbelwuchs, der auf wenig Widerstand in ihrer Jugendperiode hinweist. Deshalb sind die genannten Baumarten allein für die Aufforstung in den Lawinenverbauungen nicht zu empfehlen, ja selbst nicht für Bepflanzung von Bahnböschungen, wo Schnee zurückgehalten werden soll. Die Arve oder Zirbe ist besonders für Hochlagen eine außerordentlich genügsame kräftige Pflanze, fasst sehr leicht Wurzel, daher ein sehr geringer Pflanzverlust bei Kulturen resultirt, und hat Forstinspektor Suda in Klagenfurt sie nicht bloß im Herbst und Frühjahr, sondern auch im Sommer zu pflanzen versucht. Coaz will sie selbst ohne Verschulung direkt als einjährige Stämmchen aus den Pflanzgärten in die aufzuforstenden Flächen versetzen.

Es muss nach dem Gesagten die Möglichkeit einer Wiederhebung der herabgedrückten Waldgrenze unter Berücksichtigung der richtigen Pflanzart zugegeben werden. Wenn derartige Maßregeln nur sehr selten versucht werden, so liegt nicht nur passiver und aktiver Widerstand der um die Schmälerung der Weidegründe besorgten Besitzer vor, sondern befassen sich auch Forstleute nur ungern mit einer anscheinend so undankbaren, schwierigen Arbeit in schneereichem und lawinenge-

fährdeten Terrain, da ja von einem Ertragnis keine Rede sein kann, und favorisiren noch außerdem Legföhren, Alpen-erlen u. dergl., deren bedenklicher Charakter in Lawinen- oder Schneerutschgebieten wohl kaum mehr ernstlich bestritten werden dürfte, wozu einige der angeführten Angaben den diesbezüglichen Nachweis erbracht haben.

In den obersten Lagen ober der derzeitigen Waldgrenze kommt nur die Zirbe und die geradstämmige Varietät der *Pinus montana*, Bergföhre, mehr fort und sind nach abwärts diese allmähig mit Lärchen und noch tiefer mit Fichten zu mischen. Dass nach einigen Jahren, wenn die Bestände sich zu schließen beginnen, dieselben der Schneezurückhaltung halber gelichtet werden müssen, darf nicht übersehen werden.

Es war mir nur durch vielmonatliche Zähigkeit möglich, unsere Forstleute von der Nothwendigkeit der Aufforstung der zum Theil über der Waldgrenze bis zur Meereshöhe von 2000 m liegenden Lawinenanbruchsflächen am Arlberg zu überzeugen. Als es sich dann weiters um die Wahl der Pflanzenarten selbst handelte, waren wieder mancherlei Bedenken zu besiegen. Doch ist es schließlich gelungen, die Gemüther zu beruhigen und so haben wir heuer bereits, um kein Jahr zu versäumen, am Arlberg über der Waldgrenze 7000 Zirben und 3000 geradstämmige Bergföhren in der ausgeführten Verpfählung versetzt und auch Pflanzgärten zur Erzielung von Setzlingen angelegt. Ein braver Forstwart besorgt draußen die Forstarbeiten im Sinne der obigen Erfahrungen.

Ich hoffe, Ihnen, hochverehrte Anwesende, in nicht zu ferner Zeit Mittheilung machen zu können über die im heurigen Jahre begonnenen Lawinenverbauungen am Arlberg, über die Organisation der ganzen Arbeit, über Ausführungen, Studien und Details, sowie auch über den Erfolg derselben. Es werden diese Bauten nach ihrer Vollendung trotz der aufgewendeten relativ geringen Geldmittel die bisher großartigsten sein, wie sie keine andere Bahn und kein anderes Land aufzuweisen haben wird und wie sie des internationalen Charakters der Arlbergbahn würdig sind. Was menschliches Streben überhaupt vorsehen und erreichen kann, soll dort in Anwendung kommen, Dank der Einsicht und Energie unseres Baudirektors und unseres Präsidenten.

Die wenigen bereits in den Lawinenanbruchsgebieten ausgeführten und erst im Laufe der Jahre zu vollendenden Werke haben bereits die erste bedeutende Probe vor wenigen Wochen tadellos überstanden, indem zufolge von reichlichen Schneefällen in der zweiten Oktoberhälfte, wo die Schneetiefe auf den Höhen binnen wenigen Tagen 150 m erreichte, trotz abnormer Beweglichkeit des Schnees, die eine Folge der Lockerheit des letzteren und des warmen Bodens war, die Massen bloß knapp unterhalb der letzten Werke abrutschten, was ich durch mühsame Begehungen am 23. Oktober und 17. November 1890 mit Befriedigung konstatiren konnte.

# Neuere Steuerungen mit Verstellung von einfachen und von Doppel-Excentern.

Von L. Czischek, k. k. Professor in Wien.

(Mit Zeichnungen auf Taf. XII—XV.)

## A. Schiebersteuerungen.

Eine der neuesten Errungenschaften auf dem Gebiete des modernen Dampfmaschinenbaues sind die schnelllaufenden Dampfmaschinen mit über 200 Touren per Minute. Durch das Auftauchen zahlreicher raschlaufender Betriebe, namentlich infolge der bedeutenden Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrotechnik ist in den letzten Jahren das Bedürfnis nach solchen Schnellläufern ganz erheblich gestiegen. Für diese Dampfmaschinengattung haben sich nun die Schiebersteuerungen mit veränderlicher Füllung durch directe Einwirkung eines Achsenregulators auf die Excentricität und Voreilung des Excenters als vorzüglich geeignet erwiesen, ob das Steuerungsorgan ein entlasteter Flach-, ein Kolben- oder ein Rundschieber ist.

Es soll nun in Folgendem versucht werden, diese außerordentlich mannigfachen Steuerungen je nach ihrer Excenter-Verstellung systematisch zu ordnen und in Bezug auf ihre Schieber- und Dampfdiagramme zu besprechen.

### I. a) Schiebersteuerungen mit Vertheilschieber und einfachem, verstellbarem Excenter.

Nach dem Zeuner'schen Schieberdiagramm für die Dampfvertheilung (Fig. 1, Taf. XII), in welchem  $e$  die äußere Ueberdeckung,  $r$  die Excentricität,  $\delta$  den Voreilwinkel und  $v$  das lineare Voröffnen bezeichnet, kann die Füllung verkleinert werden:

1. Durch Verkleinerung der Excentricität (Fig. 2) von  $r$  auf  $r_1$ , wodurch sich auch das lineare Voröffnen  $v$  verkleinert, oder

2. Durch Vergrößerung des Voreilwinkels (Fig. 3) von  $\delta$  auf  $\delta_1$ , wobei sich jedoch das lineare Voröffnen vergrößert, sowie auch die Kompression (Fig. 4) ganz bedeutend wächst;  $i$  bezeichnet hier die innere Ueberdeckung; endlich können

3. Excentricität und Voreilwinkel gleichzeitig geändert werden.

Die Veränderung der Excentricität gibt sehr wenig aus in der Aenderung der Füllung und wird bei Schnellläufern nicht angewendet; wohl aber gilt dies für den zweiten Fall, die Aenderung des Voreilwinkels durch einfaches Verdrehen des Excenters auf seiner Welle, wie z. B. bei einer von „Oerlikon“ in Paris ausgestellten liegenden 3 HP.-Lokomobile mit entlastetem Flachschieber, die 240 Touren per Minute machte.\*)

Geschieht ad 3 die gleichzeitige Verstellung von Excentricität und Voreilwinkel nach Fig. 5, so dass die Mittelpunkte der Schieberkreise in die Gerade  $I$  fallen, welche die Linie  $OE$  halbt und auf derselben senkrecht steht, dann gehen alle Schieberkreise durch den Punkt  $E$  und die Füllung bleibt konstant, nur das lineare Voröffnen ändert sich; hingegen wird jede andere Verstellungsart, bei welcher die Mittelpunktskurve der Schieberkreise von der Geraden  $I$  abweicht, verschiedene Füllungen geben müssen.

\*) Kovařík, Dampfmaschinen der Pariser Weltausstellung 1889.

Bei einem einzelnen Excenter wird eine solche Verstellung z. B. dadurch erreicht, dass dasselbe mittelst eines daran befindlichen Armes  $A$  (Fig. 6 und 7) um den Drehpunkt  $o$  außerhalb des Excenterwellenmittels  $O$  verstellt wird. Die Centrankurve  $I$  sieht hier jener der Stephenson-Koullisse (mit offenen Stangen und einfachem Muschelschieber) sehr ähnlich und faktisch ist auch die Wirkungsweise dieser Verstellung und jene der Stephenson-Koullisse dieselbe.\*)

Es haben daher beide Steuerungen dieselben Eigenschaften, wie: große Kompression und wachsendes lineares Voröffnen bei abnehmender Füllung, große Kanaleröffnung für verlangsamten und kleine mit starker Drosslung für beschleunigten Gang etc. Die untere Hälfte der Centrankurve gilt auch hier für den umgekehrten Lauf der Maschine und ist also bei entsprechender Einrichtung auch hier möglich zu reversiren. — Hierher gehören:

1. Der von Turner in Ipswich 1873 auf der Wiener Weltausstellung exponirte 8 HP.-Schnellläufer\*\*); derselbe steuerte bereits mit einem solchen Excenter (Fig. 8) einen theilweise entlasteten Flachschieber. Die Tourenzahl war mit 270 angegeben und die Excenterverstellung geschah nach Fig. 9. — Durch geeignete Justirung eines Führungsbogens konnte diese Steuerung auch auf Rückwärtsgang oder „Stop“ eingestellt werden (allerdings nur im Stillstand), so dass die Verstellung des Excenters nach Fig. 10 erfolgte.

2. Die Westinghouse-Maschine\*\*\*) besitzt gleichfalls ein derartiges Excenter (Fig. 11), welches durch die Verstellung nach Fig. 12 einen einfachen Kolbenschieber steuert. — Die Regulirung soll bei dieser Maschine eine nur 2%ige Abweichung der Tourenzahl bei Voll- und Leerlauf ergeben, was zum großen Theil der gleichzeitigen Beeinflussung der Kompression in der früher angeführten Weise zugeschrieben wird, wie die Indikator-Diagramme\*\*\* in Fig. 12a und b illustriren. Die „Westinghouse Machine Company“ in Pittsburgh hat bis jetzt seit ungefähr 8 Jahren weit über 2000 Stück gebaut, und zwar in Stärken von 5–250 HP. mit 500–250 Touren pro Minute. Die Maschinen werden auch nach dem Compound-System gebaut.

3. Der unter der Bezeichnung „Streight Line Engine“ bekannte, von Prof. John E Smeat in Syracuse N. Y. konstruirte Schnellläufer hat ein verstellbares Excenter nach Fig. 13, das bei einer älteren Konstruktion†) mittelst nach oben ragender Stange und Doppelhebel einen völlig entlasteten Schieber mit Trickspalte steuerte, während es bei der neuesten Anordnung††) unter Vermeidung des Doppelhebels direkt den langen Einstromschieber steuert.

\*) Vergl. „Die praktische Anwendung von Schieber- und Koullissensteuerungen“ v. W. S. Quelimcloss und A. Müller, §§ 26 u. 29.

\*\*) J. Radinger, Motoren der Wiener Weltausstellung 1873.

\*\*\* „Mittheilungen des technolog. Gewerbe-Museums in Wien“, III. Sect. 1887, Nr. 30 u. 31.

†) Uhland, „Prakt. Maschinen-Konstrukteur“, 1888, Heft 1.

††) Kovařík, „Dampfmaschinen der Pariser Weltausstellung“, 1889.



Der separate Auströmschieber hat ein eigenes fixes Excenter, wodurch die zu großen Kompressionen vermieden werden. Die beiden Schieber sind von der Länge des Cylinders zur Verminderung der schädlichen Räume bei konstanter, mässiger Kompression und vollkommen entlastet. Beide Systeme waren auf der vorjährigen land- und forstwirtschaftlichen Ausstellung in Wien unter den Beleuchtungsmaschinen vertreten, und zwar das erstere durch eine 100 HP.-Maschine mit 215 Touren pro Minute von der Firma Steinlein & Co. in Mühlhausen, das zweite System brachte die Streight Line Engine Co. in Syracuse (N. Y.) mit zwei Maschinen, einer kleineren von 35 HP. und 285 Touren pro Minute und einer größeren von 120 HP. und 215 Touren pro Minute, wie sie auch in der Pariser Ausstellung 1889 zu sehen waren.

Dieser Schnellläufer wird in manigfachen Größen gebaut und erfreut sich einer großen Beliebtheit, besonders für elektrische Beleuchtungsanlagen. Es ist äußerst interessant diese neueren Ausführungen mit der ersten bekannt gewordenen von der Weltausstellung in Philadelphia zu vergleichen\*). Prof. Radinger erkannte sie schon damals als eine „Maschinentype der Zukunft“ und die Gegenwart zeigt, wie sehr er Recht hatte.

4. Die von De Ville Chatel et Cie. (Brüssel) 1889 in Paris ausgestellte 80 HP.-Tandem-Maschine\*\*) mit einer minutlichen Umdrehungszahl von 175 benützte ein Excenter, Fig. 14 zur Bethätigung der Ein- und Auslaßschieber des Hochdruckcylinders, durchaus Corliss-Schieber, welche zur Vermeidung der eingangs erwähnten starken Dampfdrosslung bei kleiner Füllung als verdoppelte Trickschieber mit vierfacher Eröffnung konstruiert sind. Aus demselben Grunde kommt das Prinzip des Trickschiebers bei vielen der hier besprochenen Steuerungen zur Anwendung.

Bemerkenswerth ist, dass trotz eigener Auströmschieber beim Hochdruckcylinder die Veränderung der Kompression nicht vermieden wird, da dieselben gleichfalls an dem verstellbaren Excenter hängen, sowie alle vier Corliss-Schieber des Niederdruckcylinders an einem fixen Excenter angeschlossen sind.

5. In origineller Weise ist bei dem von Rice konstruierten Schnellläufer der John T. Noye Manufacturing Company in Buffalo [N. Y.]\*\*\*) eine Gegenkurbel zu jenem verdrehbaren Arm *A* des Excenters ausgebildet (Fig. 15). Der Drehbolzen des Armes liegt in dem hohlen Kurbelzapfen, durch welchen hindurch die Verstellung des Excenters von dem in der Kurbelscheibe geborgenen Achsenregulator geleitet wird.

Da diese etwas heikle Anordnung einen Flachschieber steuert, so ist bei demselben eine sehr vollkommene Entlastung die Hauptbedingung; derselbe hat mehrere Einströmschlitze zur mehrfachen Eröffnung des Einlassquerschnittes und umgekehrte Dampfführung, indem der Dampf unter dem Schieber eintritt und in den Schieberkasten auspufft, eine Anordnung, die sich bei Schnellläufern im In-

teresse der Schieberentlastung öfters vorfindet. Durch die Gegenkurbel wird zugleich dem Kurbelzapfen die Schmierung zugeführt in der jetzt so allgemein beliebten Art und Weise.

Die erwähnte Firma führt dieses Maschinensystem aus von 6—350 HP. mit 400—115 minutlichen Umdrehungen, auch Compound mit derselben Regulierung beim Hoch- und Niederdruckcylinder.

6. Von anderen in diese Gruppe gehörigen Maschinentypen seien noch erwähnt der Schnellläufer der New York Safety Steam Power Company\*) und jener vom A. L. Ide & Son in Springfield [Illinois]\*\*). Beide haben einen Kolbenschieber, welcher bei der letzteren unter dem Cylinder mit doppelten Dampfkanälen liegt.

Fig. 17 zeigt das Excenter der Ide Engine, Fig. 16 jenes der anderen, welches bei *C* auf einem kleinen Excenter steckt, durch dessen Verdrehung der Arme *A* verstellt wird; hier ist demnach das Steuerexcenter nicht so direkt mit dem Achsregulator zusammengehängt, wie bei Ide und allen übrigen vorher besprochenen. Diese Auffassung soll das Zittern des Steuerexcenters, das sich bei direkter Anhängung an die Hebel der Schwunggewichte oft bemerkbar macht, verhindern.

Die New York Safety Steam Power Company baut ihre Motoren von 28—125 HP. mit 300—200 Umdrehungen per Minute und auch stehend.

Die Steuerung der Ide Engine ist von sehr interessanten Gesichtspunkten aus durchgeführt; von der Excenterstange geschieht die Uebertragung der Bewegung auf die Schieberstange wie bei der ersten Anordnung der Streight Line Engine mittelst eines Doppelhebels, dessen Arme eine solche Stellung haben, dass die Kanaleröffnungen für beide Cylinderseiten der unsymmetrischen Kolbenbewegung Rechnung tragen. A. L. Ide & Son erzeugen ihre Schnellläufer in Stärken von 5—1100 HP. bei 350—120 Touren per Minute.

Die Art der Excenterverstellung dieser Gruppe ist eine ziemlich beliebte für Schnellläufer, wie die größere Anzahl der hierhergehörigen Konstruktionstypen beweist.

Je länger der Arm *A*, desto flacher wird die Centralkurve (Fig. 6 und 7) und geht diese in die Gerade *I* (Fig. 18 und 19) über bei gleichsam unendlicher Länge des Armes, d. h. wenn die Verschiebung des Excenters in einer Geraden, senkrecht zur Kurbel erfolgt.

Diese Centralkurve ist mit jener der Gooch-Koullisse identisch und wird demnach mit dieser Excenterverstellung konstantes lineares Voröffnen erreicht, wenn auch die übrigen bei der Stephenson-Koullisse früher angeführten Mängel noch fortbestehen.

Eine derartige Excenterverstellung hatte die vertikale Maschine von Lecouteux & Charnier (Paris) auf der letzten Pariser Ausstellung\*\*\*). Ein Excenter nach Fig. 20 steuerte einen Kolbenschieber, jedoch nicht direkt, sondern durch Vermittlung einer Hebelübersetzung; offenbar, um einen möglichst großen Spielraum in der Veränderlichkeit der Excentrizität mit einem sehr kleinen Schieberhub zu ver-

\*) Radinger, „Dampfmaschinen der Weltausstellung in Philadelphia“, 1876, S. 174. \*\*) Kovarik, „Dampfmaschinen der Pariser Weltausstellung“, 1889. \*\*\*) Uhländ, „Prakt. Maschinen-Konstrukteur“, 1889, Nr. 25.

\*) Uhländ, „Prakt. Maschinen-Konstrukteur“, 1888, H. 8.

\*\*) Uhländ, „Prakt. Maschinen-Konstrukteur“, 1889, Nr. 11.

\*\*\*) Kovarik, Dampfmaschinen der Pariser Weltausstellung 1889.

einen. Ein am Excenter angehängter Katarakt  $K$  mildert die zu plötzliche Wirkung der Excentermasse, welches hier das Pendelgewicht bildet, einerseits und der direkt angehängten Feder andererseits, um zitternde Bewegungen zu vermeiden. Die Dampfeinströmung geschieht von der Mitte des Schiebers aus, die Ausströmung ober- und unterhalb des Kolbenschiebers in den Schieberkasten. Das Schiebergewicht wird vermöge größeren Durchmessers des oberen Schieberkolbens durch den Dampf ausbalanciert. Eine 150 HP.-Maschine dieser Art läuft mit 300 Touren pro Minute.

Die vorjährige land- und forstwirtschaftliche Ausstellung in Wien brachte einen neuen Schnellläufer, der seiner Excenterverstellung nach gleichfalls hierher gehört. Es ist die „Globe Compound Automatic Machine“ (Brown's Patent) von John Musgrave & Sons Ltd. Globe Iron Works in Bolton (England).

Die Maschine erinnert beim ersten Anblick an die Westinghouse-Maschine. Der Hoch- und Niederdruckcylinder der Globe-Maschine werden von einem einzigen Kolbenschieber gesteuert, der seine Bewegung von einem Excenter nach Fig. 21 erhält. Auch bei diesem Excenter geschieht die Regulierung durch den Achsregulator nicht direkt, sondern vermittelt eines zweiten Excenters zur vollständigen Entlastung des Regulators von jedem Bewegungswiderstand des Schiebers. Es soll hiedurch eine Empfindlichkeit in der Regulierung erreicht werden, welche nur eine Schwankung von 1—2 % in der Tourenzahl bei Leergang und Vollbelastung zulässt\*). Fig. 22 zeigt ein Diagrammenpaar einer solchen Maschine bei 400 Touren pro Minute abgenommen.

Die Globe-Maschinen werden mit und ohne Kondensation in Stärken von 11—280 HP. mit 450 bis bzw. 250 Touren pro Minute geliefert. Die in Wien ausgestellte Maschine lief bei 55 HP mit 350 Touren pro Minute.

Bei einigermaßen günstiger Dampfökonomie, wie sie von dieser Konstruktion wohl erwartet werden darf, dürfte sich dieses Maschinensystem, das im Durchschnitt per 1 m<sup>2</sup> Grundfläche für seinen Raumbedarf zirka 30 HP. unterbringt, bald ziemlich beliebt machen.

#### I. b) Schiebersteuerung mit Vertheilschieber und Doppel-excenter.

Beim Doppel-excenter Fig. 23, bei welchem ein inneres (primäres) Excenter  $E_1$  von einem äußeren (secundären) Excenter  $E_2$  umschlossen wird, ist die Lage des äußeren (secundären) Excentermittels für die resultierende Excentertritzität  $r$ , welche steuert, maßgebend.

Die Verstellung derselben kann auf dreierlei Art erfolgen, wobei jedoch immer die vom äußeren Excentermittel beschriebene Bahn die Centralkurve der Steuerung abgibt. Entweder ist 1. das innere Excenter auf der Welle fix und das äußere wird verdreht, oder 2. es wird das äußere in passender Weise gehalten und das innere Excenter verdreht, oder endlich 3. es werden beide Excenter gegen einander und gegen die Kurbel verdreht. In allen drei Fällen umschließt der Ring der Excenterstange das große äußere Excenter und bietet somit eine große Reibungsfläche bei der Schieberbewegung.

\*) Vergl. Illustrierter Katalog über die Globe Compound Automatic Machine von John Musgrave & Sons Ltd.“

Alle drei Varianten sind in Anwendung gekommen. ad 1. In der ersten Gruppe stellen sich die Schieber-Diagramme nach Fig. 24 und 25; sie zeigen die Veränderlichkeit des linearen Voröffnens und der Kompression für verschiedene Füllungsgrade bei einem einzigen Schieber und die Form der Centralkurve  $I$ . Hierher gehören die Maschinen nach Patent Dörfel-Pröll mit einem oscillirenden Corliss-Schieber an der Unterseite des Cylinders für Ein- und Ausströmung, wie eine solche von 60 HP. und 200 Touren per Minuten auf der Wiener Jubiläums-Gewerbeausstellung 1888 von der Prager Maschinenbau-Aktiengesellschaft (vorm. Breitfeld, Dañek & Co.) ausgestellt war\*).

Das Innenexcenter bildete ein Stück mit der Welle und waren die Dimensionsverhältnisse beider Excenter für 0—50 % Füllung nach Fig. 26 bemessen. Der Corliss-Schieber besaß eine Trickspalte zur raschen Einströmungs-eröffnung. Professor Dörfel's Kombination dieses Systems der Excenterverstellung mit einem Corliss-Schieber ist gewiss eine der einfachsten zwangsläufigen Expansionsregulirungen für Dampfmaschinen mit 200—300 Touren pro Minute.

Bei gleichzeitiger Anwendung der Corliss-Scheibe, wie spätere Typen zeigen werden, lassen sich in geeigneter Anordnung auch günstigere Geschwindigkeitsverhältnisse des Schiebers gewinnen, als bei direktem Excenterantrieb möglich ist. Fig. 27 zeigt das Zeuner'sche Diagramm auf den Corliss-Schieber bezogen und Fig. 28 die Verhältnisse der Excenter bei einer gleichen Maschine von 25 HP.

Wie dieses System, haben alle übrigen hiehergehörigen Systeme mit verstellbarem Excenter und besonders jene mit Doppel-excenter die Eigenthümlichkeit, dass infolge des Einflusses der beschränkten Excenterstangenlänge die Dampfvertheilung für die verschiedenen Excenterverdrehungen nicht symmetrisch bleibt auf beiden Cylinderseiten, wenn dieselbe für eine bestimmte Normalfüllung auch symmetrisch justirt worden ist.

Auch Märky, Bromovsky und Schulz in Königgrätz hatten auf derselben Ausstellung eine solche Maschine von rund 57 HP. für 250 Touren pro Minute und bauen selbe bis 125 HP. ohne Kondensation bei 200 Touren. Auf der land- und forstwirtschaftlichen Ausstellung in Wien brachten sie zum Betrieb der elektrischen Beleuchtungsanlage eine solche Maschine von 50 HP., die mit 150 Umdrehungen pro Minute lief.

Eine vollkommenere Dampfvertheilung, als sie bei nur einem Schieber für alle Steuerungsfunktionen möglich ist, wird bei System Dörfel-Pröll bei getrennten Corliss-Schiebern für Ein- und Auslass und für jede Cylinderseite separat, erreicht. Diese Anordnung zeigte eine ebenfalls von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Prag gebaute\*\*) und von dieser Firma ausgestellte Maschine von 120 HP., Compound mit 120 Touren pro Minute. Die Ausströmschieber beider Cylinder waren von fixen Excentern gesteuert mittelst Zwischenhebel, die Einströmschieber beider Cylinder dagegen von je einer Corliss-Scheibe, welche beim Niederdruck-Cylinder ein fixes Excenter mit Zwischenhebel betrieb, beim Hochdruck-Cylinder aber von

\*) „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ 1888, Nr. 50.

\*\*) Uhl and, „Prakt. Maschinen-Constructeur“ 1889, Nr. 6.

einem verstellbaren Doppalexcenter (Fig. 29) aus in Schwingung versetzt wurde.

Auf die mit der Corliss-Scheibe zu verbindenden Vortheile wurde bereits früher hingewiesen. Fig. 30 gibt das Schema dieses Doppalexcenters.

Die Veränderlichkeit der Füllung ging von 0—70 % und soll die Regulirung eine so gute gewesen sein, daß die Tourenzahl z. B. zwischen Füllungen 20—50 % nur um  $\frac{1}{2}$  Tour schwankte. Die Einströmschieber hatten Trickspalten und ergaben unter dem Einfluss der Corliss-Scheibe in den Indikator-Diagrammen ganz zufriedenstellende Admission.

ad 2. Doppalexcenter-Steuerung mit alleiniger Verdrehung des Innenexcenters, mit Schieber-Diagrammen nach Fig. 31 und 32 war auf ebenderselben Wiener Ausstellung bei einem von Ganz & Co. in Budapest ausgeführten Schnellläufer vertreten, der 250 Touren pro Minute machen und 150 HP. zu leisten im Stande sein sollte\*). Die Schieber-Diagramme geben wieder über die Veränderlichkeit des linearen Voröffnens und der Kompression Aufschluss.

Eine sehr interessante Konstruktion wies der Kolbenschieber auf, es war bei demselben innen mit Trickkanal die Ein- und an seinen Enden die Ausströmung. Die Ausströmungsüberdeckung konnte jedoch zwischen 30 und 70 mm verändert und so die Kompression regulirt werden. Zu dem Zweck war der Schieber dreitheilig und waren die äußeren Kolben auf der Schieberstange außerhalb des Schieberkastens verschraubbar; eine Konstruktion, die ganz vorzügliche Ausführung von Seite der Werkstätte bedingt.

Dieser Kolbenschieber wird nun von einem Doppalexcenter gesteuert (Fig. 33), bei welchem das Innere vom Regulator auf der Welle verdreht und das Äußere mittelst eines Bolzens *B* in einer Gleitschuhführung am Schwungrad in seiner Lage gegen die Kurbel erhalten wird. Das Innen-Excenter zu verstellen, hat jedenfalls den Vortheil, dass sich dem Regulator der Reibungswiderstand kleinerer Flächen entgegenstellt, die auch nicht so direkt den Schieberwiderständen ausgesetzt sind, kompliziert aber die Anordnung. Fig. 34 zeigt die Excentrizitäts-Verhältnisse für Füllungen von 1—45 %.

Bezüglich der Centralkurve *I* obiger Schieber-Diagrammen mag noch bemerkt werden, dass dieselbe ein Stück jener ellipsenähnlichen Kurve (Fig. 35) ist, welcher der Mittelpunkt *c* des äußeren Excenters als einer Schubstange von der Länge des Armes *A* angehörend beschreibt, wenn die Excentrizität des inneren Excenters die zugehörige Kurbel vorstellt.

Diese mit der oben beschriebenen Konstruktion mögliche Kompressions-Regulirung von Hand aus lässt sich natürlicherweise nur für eine ganz bestimmte Leistung der Maschine, also für eine ganz bestimmte Füllung richtig vornehmen, denn jede andere Füllung bedingt für die günstigste Kompression eine andere Ueberdeckung der Ausströmung; allenfalls lassen sich bequem diese Ueberdeckungen vorne und rückwärts für ganz gleiches Vorausströmen und ganz gleiche Kompressionen beiderseits mit Rücksicht auf die endliche Excenterstangenlänge justiren. Letzteres lässt sich allerdings auch bei einem eintheiligen

Schieber durch richtige Ermittlung der Ueberdeckungsverhältnisse von vornherein erreichen\*).

Etwas Anderes ist es, die entsprechende Regulirung der Kompression mit jener der Füllung während des Ganges durch den Regulator besorgen zu lassen, wie es z. B. die Schweizer Maschinenfabrik Oerlikon vor einigen Jahren bei ihren stehenden Schnellläufern für direkten Dynamobetrieb versucht hatte. Der entlastete Flachschieber war kreisförmig und konzentrisch getheilt, so dass ein veränderlicher Ringschlitz zwischen beiden Theilen frei blieb. Der äußere Ring wurde durch ein eigens vom Achsenregulator verdrehbares Excenter verstellt zur Regulirung der Kompression und Vorausströmung. Jedoch scheint die Firma selbst von dieser automatischen Kompressions-Regulirung wegen des großen Widerstandes für die Verstellung durch den Regulator wieder abzusehen, wie ihre neuesten Lichtmaschinen, die in der Folge zur Besprechung kommen werden, zeigen.

ad 3. Die gleichzeitige Verdrehung beider Excenter bietet für die resultirende Form der Centralkurve einen weiten Spielraum und liegt es daher sehr nahe, eine solche Wahl für diese Verdrehung zu treffen, dass irgend ein Uebelstand von jenen, die diesen Steuerungen mit einem Schieber anhaften, womöglich vermieden werde. Dieses Bestreben zeigt sich auch in der Art der Verstellung der Excenter bei der seit der Wiener elektrischen Ausstellung 1883 bekannt gewordenen Armington-Sims-Maschine\*\*).

Die Verstellung beider übereinander gelegten Excenter (Fig. 36) geschieht nämlich nach Fig. 37 und 38 derart, dass der Mittelpunkt des äußeren Excenters sich nahezu in der Geraden *I* bewegt und somit wenigstens fast konstantes lineares Voröffnen erzielt wird, laut Schieber-Diagrammen Fig. 39 und 40 mit der geraden Centralkurve *I* à la Gooch-Koullisse. Infolge des früher erwähnten Einflusses der endlichen Excenterstangenlänge bleibt jedoch das lineare Voröffnen auch hier nicht vollkommen konstant, sondern ändert sich mit der Füllung, so zwar, dass es, wenn dasselbe für eine bestimmte Normalfüllung auf beiden Cylinderseiten gleich gestellt worden ist, bei anderen Füllungen vorne und rückwärts verschieden wird.

Wenn auch nicht zu leugnen ist, dass die Verstellung beider Excenter gleichzeitig durch die Reibung in zwei Excenterflächen einen großen Widerstand dem Regulator entgegensetzt, so ist bei genügender Energie des letzteren doch eine sehr empfindliche Regulirung möglich, da die Verdrehungswinkel, namentlich beim Innenexcenter klein ausfallen. Die Armington-Maschine steuert mit einem Kolbenschieber mit Trickspalte und verkehrter Dampfführung.

Die Kolbenschieber, die in horizontaler Lage durch ihr Eigengewicht große Neigung zum Auslaufen und Undichtwerden haben, sollen bei den Armington-Originalmaschinen nach zehnjährigem Betrieb noch vollkommen dicht sein.

Die von der „Armington-Sims-Engine-Company in Providence schon zu Hunderten hergestellten Maschinen werden für Leistungen von 10—300 HP. indiz., bei 350—120 Touren pro Minute gebaut und erfreuen sich

\*) Vergl. Quelimcloss-Müller, Praktische Anwendung der Schieber- und Coulissensteuerungen § 22.

\*\*) Broschüre über die „Armington-Sims-Maschine“ 1883.

\*) „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ 1888, Nr. 50.

zum Betriebe elektrischer Beleuchtungsanlagen einer großen Beliebtheit, was sehr für die Güte ihrer Regulirung spricht. Bei letzterer ist von bedeutendem Einfluss die bremsende Wirkung der großen Kompressionen bei kleinen Füllungen, wie die der Broschüre über diese Maschine entnommenen Indikatordiagramme (Fig. 41, 42 und 43) klar zeigen.

Auf der Wiener Jubiläums-Gewerbe-Ausstellung hatte die Erste Brünnener Maschinenfabriks-Aktien-Gesellschaft eine Armington-Maschine ausgestellt, die mit 250 Touren pro Minute lief und auf der vorjährigen Land- und forstwirtschaftlichen Ausstellung in Wien war diese Firma mit zwei Stück 80pferdigen und 1 Stück 40pferdiger Armington-Maschinen vertreten, die pro Minute 220 Touren machten und zu Beleuchtungszwecken dienten.

Neuerer Zeit wird auch oft nur das äußere Excenter auf dem inneren, das festgekeilt ist, verdreht, bei dieser Type, sowie bei Dörfel.

Die letzte Pariser Weltausstellung brachte drei verschiedene Maschinen dieses Systems\*): eine von 100 HP. mit 240 Touren pro Minute für Beleuchtungsbetrieb, eine von 75 HP. mit 150 Touren pro Minute für Fabriksbetrieb bestimmt und endlich eine Woolf'sche von 150 HP. mit 255 Touren pro Minute, ebenfalls für elektrische Anlagen. Alle drei Typen waren von der Elsässischen Maschinenbau-Gesellschaft in Mühlhausen ausgeführt. Nach Versuchen mit Armington-Maschinen dieser Fabrik betrug der stündliche Dampfverbrauch bei einer Einzylinder-Maschine mit 300 minütlichen Umdrehungen und einer mittleren Leistung von  $47\frac{1}{2}$  HP. pro 1 indiz. HP. 12.45 kg, bei einer Compound-Maschine mit Kondensation, die bei 277 Touren pro Minute 100 HP. Leistung ergab, pro 1 indiz. HP. 9.9 kg. Fig. 41a zeigt ein Indikator-Diagramm der ersteren, Fig. 42a und 43a zeigen solche der zweiten Maschine.\*\*)

## II. a) Schiebersteuerungen mit Expansionsschieber und einfachem, verstellbarem Excenter für den Expansionsschieber.

Zur Erreichung einer vollkommeneren Dampfvertheilung, als sie bei einem Vertheilschieber trotz aller Feinheiten der Details möglich ist, sind die Expansions-Schiebersteuerungen mit Vertheil- und regulirbarem Expansionsschieber und mit eigenem Excenter für jeden dieser beiden Schieber in Anwendung.

Es soll in Kürze zunächst wieder das Zeuner'sche Schieberdiagramm gestreift werden.

Bei fixer Expansion sind in dem Zeuner'schen Schieberdiagramm (Fig. 44)  $r_v$  und  $r_e$  die Excentrizitäten und  $\delta_v$  und  $\delta_e$  die Voreilwinkel der Vertheil- und Expansionsschieber-Excenter,  $r_x$  die relative Excentrizität und  $\delta_x$  der relative Voreilwinkel, und es ist für die Dampfvertheilung gerade so, als wenn auf dem Vertheilschieber als Schieberspiegel betrachtet, der Expansionsschieber die Rolle eines einfachen Vertheilschiebers übernehmen würde, der von einem Excenter vor der Excentrizität  $r_x$  und mit dem Voreilwinkel  $\delta_x$  gesteuert wird.

Es bedeutet ferner (Fig. 45)  $l$  die halbe Länge des ungetheilten Expansionsschiebers und  $L$  die halbe Distanz der beiden Abschlusskanten,  $V$  der Vertheilschieberkanäle, so dass  $L-l$  den Abstand der Expansionsschieberkanten  $E$  von den Abschlusskanten  $V$  des Vertheilschiebers vorstellt.

Nun ist klar, dass bei konstantem  $(L-l)$ , d. h. bei unveränderter Expansionsschieberlänge die Füllung dennoch verändert werden kann, wenn der relative Schieberkreis sich ändert durch Verstellung des Expansions-Excenters. Dieselbe kann nun in ebenso mannigfaltiger Weise erfolgen, wie sub I die Excenterverstellung für den Vertheilschieber. Die einfachste Art ist die Verdrehung eines losen Expansions-Excenters auf seiner Welle nach Fig. 46.

1. Dieses Prinzip liegt der Steuerung der Buckey Engine zu Grunde\*), welche schon auf der Weltausstellung in Philadelphia 1876 durch ihre interessanten Details die Aufmerksamkeit der Fachleute in hohem Grade erregte und seitdem in weit über tausend Exemplaren gebaut worden ist. Fig. 47 zeigt das verdrehbare Expansions-Excenter und Fig. 48 die Excenterstellungen.

Höchst eigenthümlich ist bei diesem Schnellläufer die indirekte Uebertragung der Schwingungen von dem Expansions-Excenter auf seinen Schieber, wodurch die relative Bewegung dieses Expansionsschiebers gleich seiner absoluten Bewegung wird, die er auch bei direktem Antriebe haben würde. Es setzt sich in dieser Anordnung nämlich seine faktische Bewegung zusammen aus der Bewegung des Vertheilschiebers plus der Bewegung eines Expansionsschiebers mit direktem Antrieb, und der Vertheilschieber ist somit für ihn eigentlich ein fixer Schieberspiegel.

Das Schieberdiagramm dieser Doppelschiebersteuerung sieht daher einem solchen mit einem einfachen Schieber ähnlich, der durch den Expansionsschieber vorgestellt wird; der Vertheilschieber ist der Schieberspiegel dazu (Fig. 49).

Durch diese Anordnung, die darin besteht, dass der Zwischenhebel der Expansions-Excenterstange auf dem Zwischenhebel der Vertheil-Excenterstange gelagert ist, werden die kürzesten Dampfkanäle im Cylinder erreicht, sowie ziemlich günstige Abschluss-Geschwindigkeiten der Expansionsschieber-Platten, die hier außerordentlich kurz sein können und daher wenig Reibung verursachen. Der Vertheilschieber ist durch sinnreiche Detailkonstruktion vollkommen entlastet.

Die Dampfführung geschieht, wie schon bei früheren Beispielen, umgekehrt, was wohl auch bezüglich der Dampfverluste durch Undichtheit und Abkühlung des Schieberkastens seine Vortheile hat.

Gegenwärtig wird diese Maschine von der Buckey Engine Company in Salem (Ohio) in drei verschiedenen Konstruktionstypen gebaut, von welchen zwei für Schnellbetrieb bestimmt sind und für Leistungen von 14 bis 246 HP. mit 325—225 Touren pro Minute ausgeführt werden nach der einen Type, während nach der anderen Type der Effekt zwischen 27 und 1250 HP., die Tourenzahl pro Minute zwischen 230 und 95 variiert; bei einer dritten Type für mäßig schnelle Betriebe liegen die

\*) Kovařík, Dampfmaschinen der Pariser Weltausstellung 1889.

\*\*) Nach dem illustrierten Prospekt der elsässischen Maschinenbau-Gesellschaft.

\*) Radinger, „Bericht über Dampfmaschinen der Weltausstellung in Philadelphia 1876.“

Zahlen des ersteren zwischen 48 und 900 HP., der letzteren zwischen 170 und 75 HP. \*) Der Unterschied der drei Typen liegt hauptsächlich in der Konstruktion des Maschinenrahmens.

2. B. W. Payne and Sons in Elmira (New-York) bauen Schnellläufer mit derselben Verdrehung des Expansions-Excenters und wenden Corliss-Schieber an, deren zwei unter dem Cylinder an den Enden liegen und aus je einem Vertheilschieber mit einem innen liegenden Expansionsschieber bestehen. Sowohl die beiden Vertheil-, als auch die beiden Expansionsschieber hängen an je einer Corliss-Scheibe, wodurch besonders günstige Eröffnungsverhältnisse erreicht werden. \*\*)

3. Die Cummert-Dampfmaschine der Prospect-Maschine and Engine Company in Cleveland (Ohio) gehört gleichfalls in diese Gruppe \*\*\*). Sie hat für die Einströmung zwei getrennte Vertheilschieber seitlich mit je einer Expansionsplatte und hat einen separaten Ausströmschieber unter dem Cylinder. Sämmtliche Schieber sind Rostschieber mit drei- und vierfacher Eröffnung und durchaus unentlastet, da der Weg der mehrfach gespaltenen Schieber nur sehr klein zu sein braucht

Das lose Excenter der Expansionsplatten wird von einem äußerst complicirten, allerdings sehr sinnreichen Achsenregulator verstellt, bei welchem die sonst allgemein übliche Federbelastung im Regulator liegend ersetzt ist durch außerhalb der rotirenden Theile liegende, ruhige Gewichtsbelastung; dieselbe kann infolge dessen während des Ganges regulirt und die Umdrehungszahl verändert werden. Der Regulator liegt auf einer vorgelegten Welle, wodurch das Excenter und alle zu verstellenden Theile, mithin auch ihre Wege, klein ausfallen, und auf den Regulator weniger Arbeit kommt. Die Regulirung der Füllung geschieht von 0 bis 0·8 und soll der Gang der Maschine ein außerordentlich gleichmäßiger sein.

Die genannte Fabrik baut diese Maschinen in zwei Typen für mäßige Geschwindigkeiten und als eigentliche Schnellläufer; der Hauptunterschied liegt in der Rahmenform. Erstere werden für Leistungen von 80 HP. bis rund 2000 HP. mit Touren pro Minute von 120—81 geliefert, letztere von 46—900 HP. mit 150—100 Touren pro Minute.

4. Gehört auch hieher der von Russell & Co. in Massillon (Ohio) konstruirte Schnellläufer mit getrennten unentlasteten Einlaßschiebern und mehrfach geschlitzten Expansionsplatten und zwei separaten Corliss-Schiebern für die Ausströmung. Letztere sowohl, wie die beiden Einlaßschieber hängen an dem einen fixen Excenter; für die Expansionsschieber ist dasselbe lose und nach Fig. 50 verstellbar.

Die Stärke dieser Maschinen variirt zwischen 40 und 220 HP., die Tourenzahl zwischen 275 und 160 pro Minute †).

Die beiden letzten Maschinensysteme zeigen recht deutlich das geringe Vertrauen mancher Konstrukteure auf die Schieberentlastung; sie greifen mitunter lieber zu anderen Auskunftsmitteln, um den Reibungswiderstand der Schieber herabzumindern oder die Energie des Regulators besser zur Geltung zu bringen.

## II. b) Schiebersteuerungen mit Expansionsschieber und Doppel-excenter für den Expansionsschieber.

Von den sub I b) angeführten drei verschiedenen Arten der Verstellung von Doppel-excentern sind für die Regulirung des Expansionsschiebers nur die zwei ersten in Anwendung gekommen und zwar: 1. Verdrehung des sekundären Excenters bei fixem primären Excenter auf der Welle, 2. Verdrehung des letzteren bei passender Aufhängung des ersteren.

ad 1. Mit einer gewissen Befriedigung können wir auf die Thatsache blicken, dass ein österreichischer Ingenieur es war, der zuerst mit der Idee des verstellbaren Doppel-excenters, kombinirt mit einem Achsenregulator, auftauchte und damit bahnbrechend war für eine ganz neue Art der Regulirung der Füllungen, deren Nachahmungen und Modifikationen heute schon Legion sind. Es scheint überhaupt Wien speziell die Wiege des Doppel-excenters zu sein, denn zu Beginne der Dreissiger Jahre erhielt Leo Müller auf die Anwendung desselben für Buchdruckerschnellpressen, die damals Siegl in Wien baute, ein Patent.

Seither fand es auch Anwendung bei Wechselstühlen von Hacking & Co. und auf der Wiener Weltausstellung 1873 brachte es zum ersten Male Ingenieur Friedrich & Co. in Wien zu dem oben erwähnten Zwecke an einer Dampfmaschine. Prof. Radinger sagt schon damals in seinem Bericht, über die Motoren jener Ausstellung \*) über diese Steuerung wörtlich: „Für rasch laufende Maschinen scheint sie eine der besten und einfachsten Lösungen des Prinzips der Regulator-Einwirkung auf die Füllung zu sein“, und wie sehr diese Vermuthung zutrifft, zeigen die modernen Schnellläufer.

Friedrich steuerte einen flachen Vertheilschieber mit einem fixen Excenter und den gegitterten Expansions-schieber mit einem verstellbaren Doppel-excenter (nach Fig. 51), dessen Stellungen zur Kurbel das Schema Fig. 52 zeigt, während die zugehörigen Schieber-Diagramme sich nach Fig. 53 gestalten. Dieses Doppel-excenter \*\*) zeigt gegen alle bisher angeführten den Unterschied, dass hier nicht das sekundäre Excenter  $E_a$  das primäre  $E_i$  wie ein Ring umschließt, sondern beide Excenter, das größere und das kleinere sind bei Friedrich in einem Stück nebeneinander und jedes hat seinen eigenen Ring. Der Ring des ersteren ist auf der Welle fix, (nämlich mit dem fixen Vertheil-Excenter ein Stück) und bildet also gewissermaßen ein hohles, primäres Excenter, denn in demselben erfolgt die Verstellung des Doppel-excenters durch den Regulator; der Ring des zweiten steht mit der Excenterstange des Expansionsschiebers in

\*) Radinger, „Die Motoren der Wiener Weltausstellung 1873“ Seite 192.

\*\*) Müller-Melchior, „Dampfmaschinen-Steuerungen der Wiener Weltausstellung, 1873.“

\*) Uhl and, „Prakt. Maschinen-Konstrukteur“ 1888, Heft 3.

\*\*) Desgleichen 1889, Nr. 25.

\*\*\*) Desgleichen 1883, Heft 9.

†) Desgleichen 1888, Heft 8.

fester Verbindung, die Lage seines Mittelpunktes ist demnach maßgebend für die resultirende Excentricität.

Diese Excenter-Konstruktion hat jedenfalls den Vortheil des geringeren Reibungswiderstandes infolge der kleineren Excenterfläche für die Bewegung des Schiebers, gegen die anderen Doppelcenter. Zu dem Schema in Fig. 52 ist zu bemerken, dass die resultirende Excentricität des Doppelcenters für die 0-Füllung  $r_{02}$  mit dem Vertheilcenter fast gleichen Voreilwinkel hat.

Prof. Salaba hat im Verein mit Ingenieur Budil gleichfalls ein Steuerungs-System ausgemittelt, bei welchem der Expansionsschieber (hier eine einfache Platte) an ein nach 1. verstellbares Doppelcenter gehängt ist\*). Daselbe (Fig. 54) erinnert an das in Fig. 29, bei welchem auch das innere Excenter auf der Welle fest, das äußere drehbar angeordnet war. Fig. 55 zeigt wieder die Excenter-Verhältnisse, welchen die Schieber-Diagramme in Fig. 55 entsprechen. Die beiden Figuren zeigen, dass die primäre Excentricität jene des Vertheil-Excenters sowohl ihrer Größe, als Lage nach deckt. Bei der ersten Ausführung dieses Steuerungssystems von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Prag wurde die Excenterverstellung durch Dampfkraft in etwas komplizirter Weise erreicht, welche aber alsbald der Fliehkraft eines Achsenregulators weichen musste. In dieser Ausbildung baut die Firma Märky, Bromovsky & Schulz in Königgrätz diese Steuerung und die Land- und forstwirtschaftliche Ausstellung in Wien hatte auch eine Woolf'sche Maschine dieser Firma im Betrieb der elektrischen Beleuchtungs-Installation gezeigt, welche bei 186 Umdrehungen pro Minute 120 HP. lieferte und deren Hochdruckcylinder in der beschriebenen Weise regulirt worden war.

Als Vortheil dieses Steuerungssystems erscheint die dabei mögliche Kleinheit der einfachen Expansionsschieberplatte und der Umstand, dass sich an den Schieberspiegeln keine Absätze durch Abnützung bilden können, selbst wenn die Maschine ausschließlich mit einer und derselben Füllung arbeitet, da die Abnützung immer auf der ganzen Fläche gleichmäßig erfolgt.

Die Land- und forstwirtschaftliche Ausstellung in Wien hatte noch einen anderen Schnellläufer mit hieher gehörigem Steuerungssystem gebracht.

Es war dies eine 100 HP., verticale Woolf'sche Maschine der Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft in Prag mit einer dritten Variante der Dörfel-Pröll-Steuerung. Wie schon bei zwei früheren Typen beschrieben, kommt auch hier ein solches Doppelcenter mit Verstellung des äußeren Excenters zur Anwendung, nur steuert es diesmal einen Expansions-Schieber des Hochdruckcylinders. Dieser Expansions-Corliss-Schieber arbeitet jedoch nicht wie bei dem früher erwähnten Schnellläufer von Payne & Sohn in dem Vertheil-Corliss-Schieber, sondern nach dem Zweikammersystem in einer eigenen Kammer über jener des Vertheilschiebers; es expandirt somit der Dampf in letzterer mit. Dieser Vertheilschieber, sowie jener des Niederdruck-Cylinders haben fixe Excenter. Der Expansionsschieber hat Trick-Spalte und gibt Füllungen von 0 bis 75%.

\*) Uhl and, „Praktischer Maschinen-Konstrukteur“ 1889, Nr. 2.

Das zugehörige Schieber-Diagramm lässt sich analog jenem der Salaba-Budil-Steuerung (Fig. 56) konstruiren, soweit es die resultirenden Expansions-Excentricitäten betrifft und analog jenen der älteren Oerlikonmaschinen (Fig. 59), was die Füllungsgrade anbelangt. Jedenfalls ist die Steuerung dieser Maschine eine Vervollkommenung der beiden früher besprochenen Varianten und noch dazu bedeutend einfacher, als jene der zweiten mit zwei Ein- und zwei Auslass-Schiebern an jedem Dampfzylinder.

ad 2. Eine der interessantesten und hochausgebildetsten Typen moderner Dampfmaschinen ist jene der Schweizer Maschinenfabrik in Oerlikon. Diese Fabrik baut ihre schnelllaufenden Maschinen (System Hoffmann) nur stehend und direkt gekuppelt mit ihren Dynamos. Die Maschinen sind reich an fein durchdachten und nicht minder fein ausgeführten Details, wie sie eben von einer Fabrik, die selbst ihre Werkzeugmaschinen baut und darin einen Weltruf genießt, erwartet werden dürfen.

Bei dem Doppelcenter der Steuerung dieser Schnellläufer (Fig. 57) verdreht der Regulator am Ende der Kurbelwelle das Innencenter, während das äußere an dem Arme A durch den Lenker L analog jenem in Fig. 33 so gehalten wird, dass es der Verstellung des Innencenters zu folgen vermag.

Auf dem Vortheil der Vorstellung des Innen-Excenters wurde bereits sub 1a) hingewiesen und ist hier die Führung des Außencenters durch einen Lenker wesentlich einfacher wie dort. Durch dieses Doppelcenter wird bei den neuesten Maschinen Oerlikons\*) der Expansions-Kolbenschieber gesteuert, der sich in dem Vertheil-Kolbenschieber bewegt; letzteren bethätigt ein fixes Excenter. Der Dampf wird verkehrt geführt, so dass die Einstromung von der Mitte, die Ausströmung nach den Enden der Schieber erfolgt. Dadurch wird der Schieberkasten theilweise zum Receiver und die Ueberführung des Dampfes zum Niederdruck-Cylinder einfach. Die Konstruktion dieser beiden äußerst zart gehaltenen Kolbenschieber mit ihren ineinander gesteckten Stangen und Gelenkdetails ist geradezu reizend und die Ausführung musterhaft.

Bei Woolf'schen Maschinen hat der Niederdruckcylinder einen einfachen Kolbenschieber und ein fixes Excenter. Die letzte Pariser Ausstellung konnte die Oerlikoner Maschinen mit zu ihren Glanzpunkten in der Maschinenhalle zählen. Es waren daselbst außer der sub 1a) erwähnten kleinen Lokomobile eine 20 HP. Maschine die 520, eine 60 HP.-Woolf-Maschine, die 360 und eine 200 HP.-Woolf-Maschine, die 180 Touren pro Minute machte; zwei davon waren direkt mit Dynamos gekuppelt.\*\*)

Das Doppelcenter der letzteren Maschine zeigt Fig. 58. Es ist hiezu zu bemerken, dass mit dem äußeren Expansionsexcenter das Vertheilcenter in fester Verbindung ist, demnach auch mit vom Regulator beeinflusst wurde, auf dem gemeinschaftlichen, verdrehbaren Innenexcenter. Dieselbe Figur zeigt auch das Schema der Excentricitäten. Fig. 59 und 60 stellen die zugehörigen Schieber-

\*) „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ 1889, Nr. 34.

\*\*) Kovatik, „Dampfmaschinen der Pariser Ausstellung 1889.“



diagramme dar; in letzterer ist die veränderliche Kompression ersichtlich.

Die Konstruktion dieser Kolbenschieber weicht insofern von der früher erwähnten ab, als der Expansionschieber hier zwischen den beiden Vertheilschieber-Kolben auf derselben Büchse des Steuerzylinders arbeitet, wodurch der Hohlraum der Kolbenschieber bis zum Abschluss des Vertheilschiebers mit an der Expansion theilnimmt.

Es ist klar, dass der Regulator durch das Mitschleppen des Vertheilschiebers wesentlich mehr belastet wird, demnach ungleich mehr Energie entwickeln muss; aus diesem Grunde ist die Fabrik von dieser Anordnung, die nur die gleichzeitige Regulirung der Kompression bezweckte, wieder abgegangen und stellt neustens nur das Expansions-Excenter nach Fig. 57, wie dies bei einer 50 HP.-Woolf-Maschine auf der Deutschen Allgemeinen Ausstellung für Unfallverhütung zu Berlin 1889 der Fall war. \*)

Die Excenterverhältnisse dieser Maschine sind in Fig. 61 schematisch angegeben; es entsprechen denselben die Schieber-Diagramme in Fig. 62, und Fig. 63 und 64 zeigen Indikator-Diagramme vom Hoch- und Niederdruckzylinder dieser Maschine, \*) welche normal 300 Umdrehungen in der Minute macht. Die Maschine arbeitet dabei und auch noch bei höherer Umdrehungszahl vollkommen ruhig, ohne jeden Stoss und ohne jede Vibration, wie alle Schnellläufer dieser ausgezeichneten Firma.

Der Nutzeffekt dieser Woolf-Maschinen erreicht bei Anwendung von Kondensation selbst 90% und der stündliche Dampfverbrauch wird unter derselben Voraussetzung mit 10, 9 und bei den großen Maschinen selbst mit 8 kg per indizierte HP. angegeben; ein Ergebnis, das für einen Schnellläufer, die sich ja sonst in der Regel als „Dampffresser“ bekunden, gewiss ein sehr schönes zu nennen ist.

Auch die Schweizerische Lokomotivfabrik in Winterthur \*\*) hatte auf der Pariser Ausstellung drei Maschinen mit innerer Verstellung eines Doppelsexceters für den Expansionschieber.

Das Außenexcenter wurde in geeigneter Weise vom Schwungrad mitgenommen und das innere besorgte durch seine Verdrehung auf der Welle mit Hilfe des Regulators die Veränderung der Voreilung und Excentricität des äußeren Exceters derart, dass ziemlich rasches Abschließen der Einströmung erreicht wird.

Da bei dieser Anordnung die Widerstände der Schieberbewegung, welche durch den Excenterring zunächst auf das Außenexcenter übertragen werden, zum großen Theil das Schwungrad aufnimmt, an welchem dieses Excenter hängt, und die regulirenden Theile am Innenexcenter zum Theil davon entlastet sind, lassen sich mit dieser Verstellung auch eher Flachschieber kombiniren. In der That hatten diese drei Maschinen Flachschieber, und zwar kreisrunde Vertheilscheiben, die sich in ihren Rahmen behufs Aufschleifens verdrehen könnten, mit concentrisch verlaufenden Spalten und dementsprechend kreisförmigen Kanten an der Expansionsplatte.

Die größte der drei Maschinen, Compound-System, gab ohne Kondensation bei 135 Touren pro Minute 80 HP. und wurden durch die beschriebene Steuerung am Hochdruckzylinder Füllungen von 12 bis 63% zugelassen bei 65% fixer Füllung im Niederdruckzylinder mit nur einem eben solchen kreisrunden Vertheilschieber. Bei Kondensation sind die Füllungsgrenzen beim Hochdruckzylinder 6 und 52% und die fixe Admission des Niederdruckzylinders 58%.

Die anderen zwei Maschinen hatten je 30 HP., eine als Compound-, die andere als Eincylindermaschine, letztere mit Kondensation. Beide hatten dieselbe Expansionsregulirung und noch eine besondere Einrichtung, die bei großen Füllungen einen sehr raschen, bei kleinen einen langsamen Abschluss der Admission, also im letzteren Falle auch Drosselung bewirkt. Dieselbe bestand bei der Compound-Maschine in einer Zwischenplatte zwischen Vertheil- und Expansionschieber mit halbmondförmigen Schlitten, bei der anderen Maschine in der Anwendung von Doppelhebeln in in der Uebertragung von der Excenter- zur Schieberstange, wie in manchen der früher besprochenen Fälle.

Uebersieht man die Resultate dieser verschiedenen, im Vorhergehenden besprochenen Steuerungen, so ergibt sich folgendes Resumé:

Steuerungen mit direkter Verstellung des Exceters für verschiedene Füllungsgrade ergeben bei einem Schieber für Ein- und Ausströmung im Allgemeinen ziemlich mangelhafte Dampfvertheilung, die durch Anwendung von Trickschiebern, spezielle Anordnung für konstantes lineares Voröffnen oder für mit der Füllung passend veränderte Kompression einigermaßen nach der einen oder anderen Richtung korrigirt werden kann.

Wesentlich besser stellen sich die Verhältnisse bei Anwendung von getrennten Schiebern für Ein- und Ausströmung, wobei nur die ersteren vom verstellbaren Excenter veränderlich beeinflusst, letztere jedoch von fixen Excetern gleichmäßig gesteuert werden. Bei Anwendung von Doppelschiebern, nämlich fix gesteuerte Vertheil- und veränderlich gesteuerte Expansionschieber, endlich lassen sich die bei einem Schnellläufer überhaupt denkbar besten Dampfvertheilungsverhältnisse erzielen.

In allen Fällen ist für einen gleichmäßigen Gang, eine möglichst große Empfindlichkeit des hier in Anwendung kommenden Achsenregulators anzustreben. Dieses Ziel wird nicht durch große Massenanhäufung im Regulator erreicht, welche große Zapfendrucke zur Folge hat, sondern vielmehr durch wohlgedachte Details, welche die Reibungswiderstände der daran hängenden Schieber auf ein Minimum herabzubringen, um mit einem recht leichten Regulator auszukommen.

Verschiedene, mehr oder weniger wirksame Entlastungen der Flachschieber, Reduktion von deren Dimensionen durch spezielle Anordnung auf ein kleinstes Maß, Anwendung von Corliss-Schiebern und besonders von vollkommen entlasteten Kolbenschiebern, vorzüglich bei vertikaler Aufstellung gut geeignet, sind die Auskunftsmittel der verschiedenen Konstrukteure von Schnellläufern.

\*) „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ 1889, Nr. 34.

\*\*) Kovarik, „Dampfmaschinen der Pariser Weltausstellung 1889.“

## B. Ventilsteuerungen.

Im Anschlusse an die besprochenen Schiebersteuerungen mit veränderlicher Expansion durch Verstellung von Doppel-excentern soll eine neue Ventilsteuerung beschrieben werden, welche ähnlich jenen den Regulator auf Verstellung eines Doppel-excenters wirken lässt zur Erreichung verschiedener Füllungen.

Es ist dies die **zwangsläufige Präzisionsventilsteuerung, System Czischek, mit verstellbarem Doppel-excenter**. Das bei dieser Steuerung angewendete Doppel-excenter (Fig. 65) ist eigentlich nicht in dem Sinne wie jene bei den besprochenen Schiebersteuerungen ein solches, bei welchem die beiden übereinander liegenden Excenter relativ gegen einander verstellt werden und dann wie ein Excenter von der resultirenden Excentrizität steuern, wiewohl es beim ersten Anblicke jenen ganz gleich sieht. Hier hat vielmehr jedes Excenter, das innere Steuerexcenter  $E_1$  sowohl, wie das äußere Regulirexcenter  $E_2$  seine eigene Bewegung.

Während nämlich ersteres auf der Welle  $W$  fix, sich mit dieser gleichförmig dreht, macht das letztere eine komplizierte Bewegung, welche sich zusammensetzt aus der durch das Innenexcenter verursachten Schwingung und aus der Bewegung des Gelenkbolzens  $a$  in einem Bogen, der der Länge des Lenkers  $L$  als Radius entspricht.

Die Lage des Lenkers verstellt sich mit dem auf der Regulirwelle  $W_1$  befestigten Hebel  $H$ , somit verändert sich auch die Lage dieses Bogens und die Bewegung des Außen-excenters.

In welcher Weise mit dieser äußerst einfachen kinematischen Kette verschiedene Füllungen bei einer Ventilsteuerung erzielt werden, geht aus Folgendem hervor. Der Mittelpunkt des Außenexcenters, also auch des Excenter-ringes beschreibt ellipsenähnliche Kurven, die sich leicht konstruiren lassen und in Fig. 66 in einem Schema dargestellt sind. Die Lage dieser Ellipsen ist je nach der Lage des Hebels  $H$  verschieden und fallen demnach verschieden große Stücke derselben unter den Ventilschlussbogen vom Radius der Ventilstangenlänge, wodurch ein verschieden langes Offenhalten der Ventile erreicht wird. Bei 0-Füllung tangirt die Ellipse gerade den Ventilschlussbogen. Fig. 67 zeigt die prinzipielle Anordnung der ganzen Steuerung, deren Funktion sich nach dem Vorhergehenden von selbst erklärt.

Bemerkenswerth wäre noch, dass die Auflagen  $n$  für die Ventilhebel  $p$  nicht fix sind, sondern pendeln können, entsprechend dem Ausschlag beim Anheben der Ventile, so dass die Ventilspindeln nicht seitlich gezerrt werden. Zudem sind diese Auflagen leicht justirbar, sogar während des Betriebes, um für alle Fälle ein vollkommen ruhiges Spiel der Ventile zu sichern.

Die Ausströmung lässt sich direkt an den Excenterring hängen, und da auch jeder Punkt dieses Ringes jene Ellipsenbewegung mitmacht, wie Fig. 66 zeigt, so wird bei dieser Steuerung in sehr einfacher Weise auch die Kompression regulirt, und zwar ganz nach Wunsch des Konstrukteurs durch passende Wahl des Bolzenmittels  $c$  und der Lage der Ausströmventilstange; natürlicherweise kann sie auch konstant erhalten bleiben.

Dass die Anordnung des Lenkers mit seinem Hebel gerade die gezeichnete ist, ist nicht Zufall, sondern das Resultat konstruktiver und praktischer Ausmittlung mit einem Modell der Steuerung, die zum Zwecke hatte, den Regulator von jeder Rückwirkung zu entlasten. Dies ist auf folgende Weise erreicht. Im Moment der Ventilöffnung kommen durch die Ueberwindung des Dampfüberdruckes auf dem Einströmventil bedeutende Kräfte in die Steuerungstheile, wofern sie nicht davon entlastet werden. Im vorliegenden Fall ist die Entlastung der regulirenden (mit dem Regulator unmittelbar zusammenhängenden Theile) dadurch erzielt, dass infolge der eben erwähnten Anordnung in der Periode der Ventileröffnung das Außenexcenter mit dem Ring wie ein Stück schwingt und zwar so, dass der Bolzen  $a$  ungehindert in seinem, ihm von dem Lenker vorgeschriebenen Bogen sich bewegen kann. Es bleibt demnach der Hebel  $H$  absolut ruhig. Eine relative Verschiebung zwischen dem Außenexcenter und dem Ring findet also nur statt, wenn die Steuerung unbelastet ist und leer geht. Diese Verhältnisse zeigen sich im Modell eklatant.

Mit dieser Steuerung lassen sich immer Füllungen von 0 bis über 0.5 bei sehr geringen Verdrehungswinkeln der Regulirwelle erhalten, was für eine Präzisionssteuerung mehr als genug ist, jedoch ohneweiters können diese Grenzen bis zur Vollfüllung ausgedehnt werden.

In der Richtung, in welcher der Lenker das Außenexcenter drückt, erfolgt die Drehung, es ist demnach die Maschine umgesteuert, wenn der Lenker (wie in Fig. 67 punktirt angedeutet) auf die andere Seite der Ventilstange zu liegen kommt, was gewiss sehr leicht und einfach ausgeführt werden kann, wofern nur die Welle  $W$  nicht fix gelagert, sondern in passender Weise verstellbar angeordnet ist. Fig. 69 zeigt eine Variante, bei welcher das Innenexcenter durch einen excentrischen Zapfen  $Z$  ersetzt ist; das Regulirexcenter wird dann viel kleiner. Es muss dann die Welle mit den beiden excentrischen Zapfen (an den Stirnenden) der Steuerwelle vorgelegt werden.

Es wären demnach als Vorzüge dieses Systems folgende Thatsachen anzuführen:

1. Die große Einfachheit; ein Doppel-excenter mit einem Lenker und zwei Gelenkbolzen machen die ganze Steuerung aus.
2. Die Steuerungstheile liegen um ein Wellenmittel angeordnet und schwingen sämmtlich in einer Vertikalebene ohne jede Tendenz zu seitlichem Ausweichen.
3. Es kommen nur gedrehte Gleitflächen vor, die billig und genau herstellbar und leicht nachzustellen sind.
4. In der Periode der Ventileröffnung, also der Belastung der Steuerungstheile tritt gar keine andere Bewegung unter Druck auf, als jene des Innenexcenters im äußeren, wie bei jeder einfachen Schiebersteuerung.
5. Vollkommene Entlastung des Regulators von jeder Rückwirkung, demnach leichte und empfindliche Regulirarbeit mit kleinen Regulatoren.
6. Beliebige Regulirung der Kompression.
7. Infolge Stellbarkeit der Auflagen leichtes Montiren und bequeme Justirung auch im Betrieb für vollkommen geräuchlosen Gang der Ventile, selbst bei höheren, als bis jetzt bei Ventilmaschinen gebräuchlichen Tourenzahlen.

8. Entlastung der Ventilschrauben von seitlichen Drücken durch pendelnde Auflagen.

9. Leichte und einfache Umsteuerung, z. B. für Fördermaschinen, bei welchen sich bei dieser Steuerung sehr einfach die Umsteuerung mit einem Regulator verbinden lässt.

10. Herstellung der Steuerung infolge ihrer Einfachheit billig und daher auch für die Niederdruckcylinder von Compound-Maschinen vortheilhafter, als Schiebersteuerung.

Die erzherzogl. Albrecht'sche Kameraldirektion in Teschen ließ bereits im Jahre 1889 eine 30 HP. Dampfmaschine mit dieser Steuerung in ihrer Maschinenbauanstalt zu Ustron (Oesterr.-Schlesien) versuchsweise bauen, die am 1. Februar des vorigen Jahres in Karlshütte bei Friedeck angelassen worden ist. Vom ersten Momente des Anlassens funktionirte die Steuerung ohne den geringsten Anstand und seither besorgt die Maschine ungestört den Betrieb der erzherzogl. Brückenbauanstalt daselbst.

Es hat sich bei diesem ersten Versuch nicht nur das Prinzip der Steuerung bestens bewährt, sondern es fanden sich auch alle Voraussetzungen, wie Regulatorentlastung, richtige Kompressionsregulirung, geräuschloser Gang etc. vollkommen bestätigt. Es ist bemerkenswerth, dass bei der ersten Ausführung dieser Steuerung auch nicht die geringste Aenderung an derselben vorzunehmen war und die Steuerung vollständig so geblieben ist (Fig. 70), wie sie von allem Anfang projektirt war (Fig. 71 bis 73). Die Maschine hat 300 mm Cylinderdruck, 600 mm Hub und läuft mit 80 Touren pro Minute. Der Gang der Ventile ist ein absolut ruhiger und bleibt es auch, wenn die Tourenzahl über 100 hinaus gesteigert wird.

Jeder Fachmann und Laie, der andere Systeme von Präzisions-Ventilsteuerungen gesehen hat, ist überrascht durch die Einfachheit dieser Konstruktion, sobald er vor die arbeitende Maschine tritt, denn er sieht nichts, als die auf- und abschwingenden Excenterringe mit Ein- und Ausströmstange, wie bei der einfachsten Schiebersteuerung, da sich die ganze Verstellung durch den Regulator innerhalb des Ringes vollzieht. Es macht infolge dessen der Gang der Steuerung einen außerordentlich soliden und beruhigenden Eindruck.

Während bisher jeder Konstrukteur vermied, bei Compound-Maschinen die Ventilsteuerung des Hochdruckcylinders wegen ihrer Komplizirtheit auch am Niederdruckcylinder anzuwenden und sich lieber mit Schiebern behalf, die dort gerade recht groß ausfallen und viel Reibungsarbeit verursachen, liegt es sehr nahe, eine Ventilsteuerung von entsprechender Einfachheit auch bei den Niederdruckcylindern zu geben und damit alle Schieber mit ihren Nachtheilen zu vermeiden.

Die Weltfirma Gebr. Sulzer in Winterthur, die einzig und allein im Stande ist, bei ihren großen Triple-Compound-Maschinen von über 400 HP. per Pferdekraft und Stunde

einen Dampfverbrauch von 6 kg zu garantiren, was nur bei ihrer langjährigen Erfahrung in Dampfmaschinenbau, bei ihrer ausgezeichnet sorgfältigen Ausführung der Maschinen und bei peinlicher Beobachtung aller Umstände, die auf Dampfersparnis hinweisen, möglich ist, diese Firma gibt auch ihren Niederdruckcylindern selbst bei Triple-Compound-System Ventilsteuerung. Das Vorgehen einer derartigen Musterfabrik genügt wohl schon, dem Dampfmaschinen-Konstrukteur den richtigen Fingerzeig zu geben.

Anderseits möge ein Beispiel genügen, zu beweisen, was Schieberreibung ausmachen kann.

Bei einer Schienenstreckmaschine von 1 m Durchmesser,  $1\frac{1}{4}$  m Hub, die mit 110 Touren pro Minute auswalzte, hatte ich seinerzeit die Flachschiebersteuerung (Vertheilschieber mit Expansionsschieberplatte für fixe Expansion) durch eine andere zu ersetzen. Es ist klar, dass bei solchen Cylinderdimensionen und Kolbengeschwindigkeiten (über  $4\frac{1}{2}$  m per Sekunde) der Vertheilschieber sehr groß sein muss. Bei 5 Atm. Dampfspannung und 0.3 m Schieberhub brauchte dieser Flachschieber zu seiner Bewegung den netten Effekt von 80 HP. Ich hatte für die Rekonstruktion aus guten Gründen, die mit dem Betrieb zusammenhingen, und nach dem Muster westphälischer Walzenzugmaschinen Kolbensteuerung mit verstellbarem Expansionsschieber im Vertheilschieber gewählt. Nach erfolgter Wiederinbetriebsetzung des Walzwerkes ergab nicht nur das Indikator-Diagramm bei gleicher Walzarbeit ein Minus von rund 80 HP., sondern noch drastischer war der Umstand, dass seither um zwei Kessel weniger für den gleichen Betrieb dieser Strecke im Feuer standen, die diesem ersparten Effekt entsprochen hatten.

Ebenso entlastet wie der Regulator ist bei Ausführung dieser Ventilsteuerung als Umsteuerung der Reversirhebel. Aus dem Vorhergehenden ist ersichtlich, wie einfach hier die Umsteuerung erreicht wird und wie leicht dieselbe mit der vom Regulator beeinflussten Präzisionssteuerung mit veränderlicher Füllung für wechselnden Kraftbedarf zu vereinen ist.

Für Fördermaschinen ist dieser Umstand von großem Werth, da das Problem der Umsteuerung und gleichzeitigen Regulirung der Expansion bei diesen Maschinen bis heute noch nirgends derart gelöst ist, dass die beste Dampfvertheilung mit der leichtesten und einfachsten Manipulation des Maschinenführers vereinigt wäre.

Wie sehr man aber auch bei diesen Maschinen immer mehr und mehr strebt, möglichst ökonomisch zu arbeiten und Präzisionssteuerungen mit vom Regulator verstellten Füllungen anzuwenden, zeigen Konstruktionen belgischer Fördermaschinen, wie sie schon 1878 in Paris ausgestellt waren \*) und auch solche neueren Datums.

Zum Schlusse sei bemerkt, dass diese Präzisions-Ventilsteuerung in allen Industriestaaten patentirt ist.

\*) A. Riedler, „Dampfmaschinen der Pariser Ausstellung 1878“.

## Die neue Strassenbahn in Helsingfors und die Frage des zweckmäßigsten Straßenbahnsystems.

Von M. Strukel, Ingenieur, ord. Lehrer der Ingenieurwissenschaften am Polytechnikum in Helsingfors.

Nachdem die Strassenbahnen unter den modernen Verkehrsmitteln der Städte eine hervorragende Rolle spielen und ihre Anlage in der allgemeinen Erkenntnis ihrer Zweck-

mäßigkeit und Rentabilität eine immer größere Verbreitung findet, so scheint die Frage der vorbereitenden Schritte für derartige Anlagen und namentlich jene des zweckmäßigsten

Systems umso wichtiger zu sein, als bei der großen Mannigfaltigkeit der bestehenden Systeme die Wahl in manchen Fällen keine leichte sein dürfte. Es werden daher vielleicht die nachstehenden Mittheilungen über die Behandlung der diesbezüglichen Fragen gelegentlich der nach dem Projekte und unter Leitung des Verfassers ausgeführten und kürzlich dem Verkehr überlassenen Straßenbahn in Helsingfors einiges Interesse verdienen.

#### Die Vorbedingungen.

Bei einem Vergleich der Stadt Helsingfors, die gegenwärtig rund 66.000 Einwohner zählt und deren Zuwachs in den nächsten Jahren mit mehr als 3000 Personen auf das Jahr angenommen werden kann\*), mit anderen theilweise viel kleineren Städten des Kontinents könnte es umsomehr wundern, dass die Hauptstadt Finnlands nicht schon lange eine Straßenbahn besessen, als es wohl wenige Städte geben dürfte, wo verhältnismäßig so viel gefahren wird, wie in Helsingfors. \*\*)

Der Grund hiefür liegt hauptsächlich in zwei Umständen, theils in dem strengen schneereichen Winter, wo der Schnee nicht wie in anderen südlicheren Städten von der Fahrbahn der Straßen entfernt wird, sondern dort oft mehrere Monate lang liegen zu bleiben pflegt, was in Anbetracht des allgemein üblichen Schlittenverkehrs sogar erwünscht ist, theils in der ungewöhnlich niedrigen Droschkentaxe von 0.50 Frcs. (= 0.50 finnische Mark) für jede einfache Fahrt innerhalb der Stadt. Dazu kommt noch, dass sich die üblichen, für nur zwei Personen berechneten Droschken durch Leichtigkeit auszeichnen, und nur mit guten, flinken Pferden bespannt sein dürfen, sowie dass ein großer Theil der Droschken mit Gummirädern versehen ist, wodurch die Fahrt rasch und in Anbetracht des vorherrschenden Feldsteinpflasters möglichst wenig unangenehm vor sich gehen kann.

Was nun den ersten Umstand betrifft, so ist allerdings nicht zu leugnen, dass hier der Straßenbahnbetrieb zur Winterszeit größere Schwierigkeiten zu gewärtigen hatte, als in südlicheren Städten, allein dass diese Schwierigkeiten dennoch nicht so ernst zu nehmen waren, geht schon aus dem Umstande hervor, dass man vor circa 30 Jahren, als die erste Eisenbahn von Helsingfors in nördlicher Richtung nach Tavastehus gebaut werden sollte, die gleiche Befürchtung genährt und erwartet hatte, dass die Eisenbahnen in Finnland einen großen Theil des Jahres hindurch wegen Schneehindernissen unfahrbar sein würden, eine Befürchtung, die sich später als vollkommen unbegründet erwiesen hat. Denn es hat sich gezeigt, dass die finnischen Eisenbahnen, die sich gegenwärtig bedeutend nördlicher (bis Uleåborg am nördlichen Ende des Bottnischen Busens) erstrecken, zur Winterszeit im Allgemeinen keine größeren Hindernisse zu überwinden haben als z. B. in Deutschland, so zwar, dass Zugverspätungen infolge von Schneehindernissen zu den Seltenheiten

\*) Die letzte Volkszählung Ende 1890 ergab 65.630 Personen, mit einem Zuwachs vom vorhergehenden Jahre von 3081 Personen. Im Jahre 1880 betrug der jährliche Zuwachs nur 1312 Personen, und stieg dann allmählig bis auf obige Zahl des Vorjahres.

\*\*) Es gibt gegenwärtig in Helsingfors über 400 öffentliche Droschken, die alle ihr gutes Auskommen finden.

gehören. Hiebei ist allerdings der Unterschied zwischen Eisenbahn und Straßenbahn zu beachten, dass bei ersterer die Schienen über der Bettung liegen, während sie bei letzterer in den Fahrdamm vollständig versenkt sein sollen. Allein dieser Uebelstand lässt sich wieder ausgleichen durch fleißigere Anwendung von Schneepflug und Salz zur Lösung des Schnees an den Schienen, welche Mittel in anderen nordischen Städten, z. B. in Stockholm, vorzügliche Dienste leisten.

Nachdem diese Stadt auf ungefähr gleicher geographischer Breite liegt wie Helsingfors und in klimatischer Beziehung nicht viel günstiger gestellt ist, so kann die dortige 12jährige Erfahrung in Bezug auf Straßenbahnen als Richtschnur dienen, wobei folgender Umstand charakteristisch ist. Man war nämlich auch in Stockholm bei Anlage der ersten Strassenbahn in Bezug auf die vorausgesehenen Schneehindernisse sehr besorgt, weshalb für sämtliche Wagen auch Schlitten bestellt wurden, die bei starken Schneehindernissen zur Anwendung kommen sollten, allein nachdem dieselben unter den ersten elf Jahren nicht angewendet zu werden brauchten, wurden sie im Jahre 1888 wieder verkauft.

Was ferner die erwähnten Droschkenverhältnisse in Helsingfors betrifft, so haben dieselben auf die Rentabilität einer Straßenbahn allerdings einen ungünstigen Einfluss, allein da der Fahrpreis der letzteren für alle Distanzen nur 30 % der Droschkentaxe ausmachen sollte, so war doch anzunehmen, dass insbesondere der weniger bemittelte Theil der Bevölkerung, der doch die überwiegende Majorität bildet, die Vortheile der Straßenbahn ausnützen dürfte.

Hiezu kam noch ein wichtiger Umstand, der zur Anlage einer Straßenbahn drängte. In Anbetracht des günstigen Erfolges, mit dem namentlich in größeren Städten der Omnibusverkehr betrieben wird, und in Anbetracht des verhältnismäßig geringen Anlagekapitals, das hiefür erfordert wird, hatte sich unter Rücksichtnahme auf die rasche Zunahme der Bevölkerung und die rasche Erweiterung der Stadt vor drei Jahren eine Omnibus-Aktiengesellschaft gebildet, die auf zwei Linien von zusammen rund 9 km Länge einen regelmäßigen Omnibusverkehr mit viertelstündigen Abgangszeiten eingeführt hatte. Allein dieses Unternehmen hat sich nach zweijährigem Betriebe als vollkommen unrentabel erwiesen. Hiezu haben verschiedene Umstände beigetragen, namentlich aber der durch die zahlreichen und theilweise sehr starken Steigungen, sowie durch das bereits erwähnte schlechte Feldsteinpflaster bedingte geringe Fassungsraum der Wagen (12 Sitzplätze bei Anwendung von zwei Pferden), die gleichfalls vom Pflaster bedingte Unannehmlichkeit der Fahrt (welche namentlich das bessere Publikum abhielt, die Wagen zu benützen), permanente kostspielige Reparaturen an den Wagen, zu lange Zeitintervalle zwischen den Wagen etc.

In Anbetracht dieser Umstände wurde schließlich von der genannten Gesellschaft die schon seit mehreren Jahren schwebende Frage einer Straßenbahn ernstlich in Erwägung gezogen, und nachdem die diesbezüglichen Studien einen günstigen Betriebserfolg erwarten ließen, im Frühjahr 1889 deren Ausführung beschlossen. Das hiefür nöthige Kapital sollte durch eine neue Aktienausgabe des seitdem zur

Straßenbahn- und Omnibus-Gesellschaft (Spårväg und Omnibus-Aktiebolaget) erweitertem Unternehmens beschafft werden.

Das Projekt und die Wahl des Betriebssystems.

Was zuerst die Frage des Motors betrifft, so sollte sowohl mit Rücksicht auf die gegenwärtig noch allgemein übliche Betriebsweise in anderen Städten und den Mangel an zuverlässigen Erfahrungen über andere, etwa mehr zweckmäßige Betriebsweisen, sowie auch mit Rücksicht auf die Schwierigkeiten der Beschaffung eines größeren Anlagekapitals, in erster Linie der Pferdebetrieb in Betracht kommen. Nachdem sich aber in letzterer Zeit der elektrische

Betrieb nach den neuesten Konstruktionen, namentlich bei Anwendung von oberirdischen Leitungen nicht nur in Amerika, sondern stellenweise auch schon in Europa (z. B. in Bremen), als besonders zweckmäßig erwiesen haben soll, so sollte als Alternative auch diese Betriebsweise in Erwägung gezogen werden.

Zur Beurtheilung der verschiedenen, die Straßenbahnen berührenden Umstände, namentlich in Bezug auf den Verkehr, dessen Zunahme und die voraussichtliche Rentabilität, wurde die nachfolgende Tabelle über die diesbezüglichen Verhältnisse der Pferdebahnen einiger Städte von ähnlicher Bedeutung wie Helsingfors zusammengestellt.

	Einwohner- zahl	Bahn- länge  km	Anzahl der Geleise	Anzahl der beförderten Personen pro Jahr	Totale jährliche Einnahme	Jährliche Ein- nahme per Einwohner	Maximal- Steigung	Kleinster Kurvenrad. m	Anzahl der		Pferdeanzahl		Kilometer- anzahl pro Pferd und Tag	Er- öffnet im Jahre
									Personen- wagen	Personen per Wagen im Mittel	im Gesamten	per Wagen		
Reichsmark														
Augsburg . . . . . 1888	78.000	16.4	1	1,370.000	170.000	2.2	1 : 20	12	45	26	90	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	27	1881
Braunschweig . . . . 1888	90.000	11.6	1	1,840.000	167.000	1.9	1 : 43	21	22	21	81	1	25	1881
Kassel . . . . . 1888	66.000	6.8	1	789.800	86.600	1.3	1 : 20	14	18	27	60	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	26	1884
Danzig . . . . .	1883	108.000	7.8	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$ 840.200	156.298	1.45	—	—	—	—	—	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	—	1873
	1888	114.000	20.5	2,477.000	325.000	2.8	1 : 30	15	56	26	180	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	25	
Düsseldorf . . . . .	1883	95.000	10	1,109.700	111.000	1.62	—	—	—	—	—	—	—	1876
	1888	95.000	11	1,273.000	180.000	1.9	1 : 36	14	28	24	58	1	23	
Erfurt . . . . .	1883	50.000	10	543.000	59.887	1.2	—	—	—	—	—	—	—	1883
	1888	60.000	10	1,400.000	143.000	2.4	1 : 33	15	25	24	90	1	27	
Lübeck . . . . .	1883	51.000	8.5	—	81.861	1.6	—	—	—	—	—	—	—	1881
	1888	57.000	8.5	924.000	104.000	1.9	1 : 30	9	16	22	66	1	28	
Mannheim . . . . .	1883	66.000	8.0	685.000	117.179	1.78	—	—	—	—	—	—	—	1878
	1888	90.000	8.66	1,404.000	193.000	2.2	—	14	29	26	71	1	25	
Metz . . . . .	1883	34.000	10.7	595.700	109.715	3.23	—	—	—	—	—	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	20	1875
	1888	34.000	12.5	596.389	109.684	3.2	1 : 20	—	20	39	70	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	26	
Posen . . . . .	1883	60.000	5.4	814.700	90.066	1.39	—	—	—	—	—	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	26	1880
	1888	68.000	9.9	942.000	103.900	1.5	1 : 23	15	20	28	54	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	24.6	
Wiesbaden . . . . .	1883	58.000	3.4	200.000	42.725	0.85	—	—	—	—	—	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	20	1875
	1888	58.000	3.8	273.000	53.000	0.9	1 : 24	15	12	27	34	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	20	
Zürich . . . . .	1883	57.000	12.9	2,029.000	168.000	2.9	$\begin{Bmatrix} 1 : 25 \end{Bmatrix}$	15	30	26	100	1	20	1882
	1888	57.000	12.9	2,222.000	240.000	4.2	—	—	—	—	—	—	—	
Kronen														
Stockholm (Nya spårv.) . . . . .	1882	170.000	10.5	5,375.000	537.500	3.1	—	—	31	—	217	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	21.3	1877
	1888	220.000	13	6,124.000	620.600	2.9	—	—	37	—	306	$\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$	20.7	

Als Ausgangspunkt für das Projekt wurden, wie gegenwärtig für kleinere Städte allgemein als am zweckmäßigsten anerkannt eine eingleisige Bahn, und bei Pferdebetrieb einspännige Wagen vorausgesetzt, die in Anbetracht der bereits erwähnten ungünstigen Steigungsverhältnisse (im Maximum 1:20) bis zu 14 Sitzplätze und 10 Stehplätze erhalten sollten, nebst dem wurden an mehreren Stellen Vorspannpferde vorgesehen. Die Zeitintervalle zwischen den Wagen sollten anfänglich zehn Minuten betragen, jedoch sollte schon bei der ersten Anlage auf einen möglichst leichten Uebergang auf Intervalle von fünf Minuten, wenn selber in Zukunft erwünscht sein sollte, Rücksicht genommen werden.

Es sollten anfänglich dieselben Linien mit Geleisen versehen werden, auf welchen früher Omnibusse verkehrt hatten, und zwar sind dies zwei einander unter rechtem Winkel

sich kreuzende Linien von ungefähr gleicher Länge, die später nach geschehener Regulierung einzelner Stadttheile an einem Ende zu einer 8-förmigen Ringlinie vereinigt werden sollten.

Für die Pferdebahn ergab sich bei Annahme einer mittleren Geschwindigkeit von rund 8000 m pro Stunde oder  $\frac{8000}{60} = 133.3$  m pro Minute, für Zeitintervalle von 10 Minuten zwischen den Wagen ein mittlerer Abstand von 1333 m, bzw. zwischen den Ausweichplätzen ein gegenseitiger mittlerer Abstand von  $\frac{1333}{2} = 666$  m. Für die Gesamtlänge der beiden Linien von rund 8700 m erhält man somit  $\frac{8700}{666}$  d. i. 13 Strecken zwischen den Ausweichstellen von denen 6 auf die eine und 7 auf die andere Linie entfallen, bzw. 15 Ausweichstellen, wenn auch an den Enden solche gedacht werden, oder 30 Weichen. Nachdem sich an jeder

zweiten Ausweichstelle nach 10 Minuten zwei Wagen begegnen müssen, so entsprechen dem 15 erforderliche Wagen.

Bei Annahme eines täglichen durchschnittlichen Verkehrs von 15 Stunden ergeben sich  $15 \cdot 15 \cdot 60 = 13.500$

Wagenminuten täglich, und bei einer täglichen Weglänge des Pferdes von 25 km, bzw. von  $\frac{25000}{8000} \times 60$  rund 187 Minuten,  $\frac{13500}{187}$  d. i. 73 erforderliche Pferde.

Hienach ergab sich folgender ungefähre

### Kostenanschlag für eine Pferdebahn.

		Einheitspreis Frcs.	Summe Frcs.	Total Frcs.
<b>Anlagekosten.</b>				
10.000 m	Oberbau inkl. Ausweichgeleise, unter Benützung des vorhandenen Pflastermaterials inkl. Sand, fertig gelegt . . . . .	24	240.000	
30	Weichen, 2 gusseiserne Zungenstücke mit fester Zunge, 1 Herzstück . . . . .	400	12.000	
18	Wagen (geschlossene), davon 3 in Reserve . . . . .	4.200	75.600	
2	Wagenschuppen für je 14 Wagen . . . . .	4 000	8.000	
83	Pferde mit Geschirren, davon 10 für Vorspann und Reserve . . . . .	450	37.350	
2	Pferdeställe für je 50 Pferde . . . . .	10.000	20 000	
	Werkzeug und Geräthe . . . . .	—	10 000	
	Bauleitung, Fracht, Zoll und verschiedene unvorhergesehene Ausgaben . . . . .	—	20.050	
				423.000
<b>Jährliche Betriebskosten.</b>				
	Direktion . . . . .	—	6.500	
	Verwaltung . . . . .	—	6.000	
1	Verkehrsmeister . . . . .	1.500	1.500	
2	Stallmeister . . . . .	1.200	2.400	
18	Kutscher . . . . .	960	17.280	
18	Kondukteure . . . . .	960	17.280	
10	Vorreiter . . . . .	400	4.000	
12	Stallknechte . . . . .	750	9.000	
2	Wagenwäscherinnen . . . . .	400	800	
2	Geleisräumer . . . . .	750	1.500	
	Unterhaltung von 83 Pferden . . . . .	650	53.950	
	„ „ 18 Wagen . . . . .	200	3.600	
	„ des Geleises und Schneeräumung*) . . . . .	—	10.000	
	Salz, Oel, Petroleum . . . . .	—	1.600	
	Ersatz von Pferden und Geschirren, 20% von Frcs. 37.350 . . . . .	—	7.470	
	Unterhaltung von Werkzeug und Geräthen, 10% von Frcs. 10.000 . . . . .	—	1.000	
	Uniformen für Kutscher und Schaffner . . . . .	—	5.400	
	Unvorhergesehene Extraausgaben . . . . .	—	1.032	150.312
<b>Amortisation und Rente.</b>				
	Amortisation der Bahn, 2% von Frcs. 252.000 . . . . .	—	5.040	
	„ „ Wagen, 3% „ „ 75.600 . . . . .	—	2.268	
	6% Rente auf Frcs. 423.000 . . . . .	—	25.380	32.688
	Summe Frcs. . . . .			183.000

\*) Nachdem die Straßenreinigung in Helsingfors den Hauseigenthümern obliegt, so sollte sich die der Straßenbahn-Gesellschaft zukommende Reinhaltung nur auf die Schienen beschränken.

Demnach müßten zur Erreichung einer 6%igen Rente auf das Anlagekapital (bei Annahme eines Fahrpreises von 0.15 Frcs., jährlich wenigstens 1,220.000 Personen befördert oder eine durchschnittliche tägliche Einnahme von 500 Frcs. erreicht werden.

Bei einer Vertheilung der erforderlichen Einnahme von 183.000 Frcs. auf die gegenwärtigen 66.000 Einwohner ergibt sich per Einwohner 2.7 Frcs. = 2.0 Rm., ein Resultat, das bei einem Vergleiche mit der angeführten Tabelle nicht schwer zu erreichen schien. Zur blossen Deckung der Betriebskosten wäre im Durchschnitte eine tägliche Einnahme von  $\frac{150312}{365} = 411$  Frcs. erforderlich.

Für die zweite Alternative einer elektrischen Bahn wurden unter Voraussetzung des Luftleitungssystems mit einfacher oberirdischer Leitung und Rückleitung durch die Schienen für eine Geschwindigkeit von rund 200 m pro Minute 13 erforderliche Wagen und für die Leitung hölzerne Pfähle in gegenseitigen Abständen von 30—40 m angenommen.

Die Wagen sollten 25 Passagiere aufnehmen können, somit ungefähr die gleiche Größe erhalten wie für die Pferdebahn, infolge dessen auch der gleiche Oberbau vorausgesetzt wurde. Hienach ergab sich nach Angabe sachverständiger Elektrotechniker folgender ungefähre



# Kostenanschlag für eine elektrische Bahn mit oberirdischer Leitung.

		Einheitspreis Frchs.	Summe Frchs.	Total Frchs.
<b>Anlagekosten</b>				
10.000 m	Oberbau, wie für die Pferdebahn, inkl. Leitungsverbindungen an den Schienenstößen	25	250.000	
26	Weichen, wie für die Pferdebahn	400	10.400	
9	Wagen mit 2 Motoren zu 10 HP., davon 2 in Reserve	17.000	153.000	
6	Wagen mit 1 Motor zu 10 HP.	11.000	66.000	
1	Wagenschuppen für 15 Wagen inkl. Maschinenhaus	—	30.000	
2	Elektrische Generatoren zu 80 HP.	18.375	36.750	
	Werkzeug und Geräthe	—	10.000	
	Dampfmaschinen für 190 HP. mit Dampfkesseln etc.	—	60.000	
	Elektrische Leitung nebst Aufstellung	—	90.000	
	Bauleitung, Fracht, Zoll und unvorhergesehene Ausgaben	—	47.850	
				754.000
<b>Jährliche Betriebskosten</b>				
	Direktion	—	6.500	
	Verwaltung	—	5.000	
1	Verkehrsmeister	1.500	1.500	
2	Heizer	900	1.800	
2	Maschinenisten	2.000	4.000	
16	Wagenführer	960	15.360	
16	Kondukteure	960	15.360	
2	Wagenwäscherinnen	400	800	
2	Geleiskrümer	750	1.500	
rd. 920 t	Steinkohlen	25	23.000	
	Unterhaltung der Wagen	—	3.000	
	Unterhaltung des Geleises und Schneeräumung	—	10.000	
	Salz, Oel, Petroleum, Werg etc.	—	7.000	
	Unterhaltung der elektrischen Leitung inkl. Werkzeug und Geräthen	—	3.000	
	Uniformen für Wagenführer und Schaffner	—	5.000	
	Unvorhergesehene Extra-Ausgaben	—	2.360	105.180
<b>Amortisation und Rente</b>				
	Amortisation der Bahn, 2% von Frchs. 260.400	—	5.208	
	" " Wagen, 3% von Frchs. 219.000	—	6.570	
	" " Leitungen und elektrischen Apparate, 3% von Frchs. 36.750 + 90.000	—	3.802	
	" " Dampfmaschinen und Kessel, 5% von Frchs. 60.000	—	3.000	
	6%-Rente auf Frchs. 754.000	—	45.240	63.820
Summe				169.000

Demnach wären zur Erreichung der entsprechenden jährlichen Einnahme von 169.000 Frchs. nur 1,126.660 Personen gegen einen Fahrpreis von 0.15 Frchs. zu befördern und würde sich somit auf Grund der gemachten Annahmen eine solche elektrische Bahn trotz des bedeutend höheren Anlagekapitals ökonomisch wesentlich günstiger stellen als die Pferdebahn.

Bei Beurtheilung dieses Systemes wären jedoch noch verschiedene andere wichtige Umstände zu beachten. Nachdem hier der überaus größte Theil der Betriebskosten dem Brennmaterial zufällt, so wird dieses System umso zweckmäßiger sein, je billiger gegebenen Falles das Brennmaterial beschafft werden kann. Es müsste sich daher der elektrische Betrieb in steinkohlenreichen Ländern noch viel günstiger stellen als für Helsingfors, woselbst nur importirte Steinkohlen (von England) verwendet werden, während sich der Pferdebetrieb in jenen Ländern durch höhere Anschaffungs- und Unterhaltungskosten der Pferde wesentlich höher stellen dürfte als in Finnland. Ein weiterer Vortheil dieses Systems besteht darin, dass jeder Wagen von der Kraftquelle immer

nur soviel Kraft entnimmt, als der Belastung und der Steigung entsprechend gerade benöthigt wird; welche Kraftregulirung eine bei animalischen Motoren nicht durchführbare Oekonomie repräsentirt. Ein wichtiger Vortheil des elektrischen Betriebes liegt schließlich auch in der größeren Einfachheit desselben, und daher dem geringeren Personal, sowie in der vollständigen Unabhängigkeit von allen mit der Unterhaltung von Pferden vereinigten Unzukömmlichkeiten.

Wenn daher die diesem Systeme zugeschriebenen Eigenschaften wirklich erfüllt werden, und die im obigen Kostenanschlage gemachten Annahmen einigermaßen stichhältig sind, so dürfte es trotz den wesentlich höheren Anlagekosten gegenüber einer Pferdebahn in allen den Fällen den Vorzug verdienen, woselbst nur die berührten Umstände in Betracht zu kommen haben. Hiefür scheint auch die immer größere Verbreitung dieses Systems in Amerika zu sprechen, woselbst der zuletzt genannte Vortheil, in Folge der dortigen verhältnismäßig hohen Kosten der animalischen Kräfte, besonders zur Geltung kommen dürfte.

Dagegen ist mit diesem Systeme allerdings der Nachtheil verbunden, dass es in vielen Städten schwer sein dürfte, die Erlaubnis für die Aufstellung von Luftleitungen zu erlangen, theils wegen der vermeintlichen Gefährlichkeit derselben, theils des ungünstigen Eindruckes wegen, der durch dieselben befürchtet wird. In Wirklichkeit scheint aber eine Lebensgefahr nur auf den unwahrscheinlichen Fall beschränkt zu sein, dass Jemand mit dem 5—6 m über dem Erdboden befindlichen Leitungsdraht in Berührung kommt, während bei einem eventuellen Drahtbruch durch eine besondere Vorrichtung eine sofortige Stromunterbrechung eintritt und daher die in einem solchen Fall niederfallenden Drahtenden in keiner Weise gefährlich sind. Auch wird durch besondere Schutzdrähte und Drahtnetze eine Berührung der Leitungsdrähte mit herabfallenden Telephondrähten verhindert.

In Helsingfors erhielt zwar die Straßenbahn-Gesellschaft die Konzession für die eventuelle Ausführung der Straßenbahn nach diesem System; dasselbe kam aber dennoch nicht zur Anwendung, und zwar hauptsächlich des Umstandes wegen, weil die Aktienzeichnung infolge eines gewissen, auf früher angeführten Gründen beruhenden Skeptizismus gegen die Rentabilität einer Straßenbahn überhaupt, theilweise wohl auch speciell gegen die Zweckmäßigkeit des fraglichen elektrischen Systems für nordische Verhältnisse, kaum die Hälfte des für eine solche Anlage erforderlichen Kapitals ergab.

Es sei noch erwähnt, dass zwar auch die zwei übrigen elektrischen Systeme, jenes mit Erdleitung und das mit Akkumulatoren in Erwägung gezogen wurden, dass aber ersteres schon wegen der Schwierigkeit der Freihaltung der Leitungsrinne (namentlich zur Winterszeit) und letzteres wegen des mitzuführenden todtten Gewichtes (unter Berücksichtigung der zahlreichen Steigungen), aber auch wegen den damit vereinigten hohen Anlagekosten nicht in Frage kommen konnten. Desgleichen konnte aus letzterem Grunde auch nicht die Anwendung von Einzelmotoren anderer Art, z. B. mit Dampf- oder Luftbetrieb, wie solche stellenweise verwendet werden, in Vorschlag kommen.

Demnach wurde beschlossen, dass die Anlage vorläufig als Pferdebahn zur Ausführung kommen sollte, dass aber in Anbetracht der auch für eine elektrische Bahn erlangten Konzession bei der Ausführung des Oberbaues auf einen allfälligen künftigen Uebergang zu diesem System möglichst Rücksicht genommen werden sollte.

#### Wahl des Oberbau-Systemes.

Beim Oberbaue handelt es sich vorerst um die Feststellung der Spurweite und des kleinsten zulässigen Kurvenhalbmessers. Bekanntlich hat der weitaus größte Theil der europäischen Straßenbahnen die normale Spurweite der Eisenbahnen von 1·435 m und nur wenige die sogenannte Schmalspur, meistens von 1·1 oder 1·0 m Weite, in einzelnen Fällen auch darunter, was umso auffallender ist, als mit der Schmalspur bekanntlich wesentliche Vortheile verbunden sind. Dieselbe bedingt kleinere Anlage- und Unterhaltungskosten infolge der kleineren Fläche der gewöhnlich von den Besitzern der Bahn zu unterhaltenden und rein zu haltenden Pflasterung zwischen den Schienen, sowie durch

die kürzeren Querverbindungen, und hat ausserdem den Vortheil, dass den gewöhnlichen Straßenfuhrwerken die Benützung des Geleises erschwert wird. Ein namentlich für Städte mit schmalen Straßen wichtiger Vortheil der Schmalspur besteht auch bekanntlich darin, dass dieselbe verhältnismäßig kleinere Kurvenhalbmesser zulässt.

In Anbetracht dieser Umstände wurde daher für Helsingfors, im Gegensatz zu den übrigen nordischen Städten die breitspurige Bahnen haben, eine Spurweite von 1·0 m und ein kleinster Kurvenhalbmesser von 12 m angenommen. Letzterer ging aus der Bedingung hervor, dass das Geleise in der Mitte der Straße liegen, und bei Kurven der innere Schienenstrang nicht näher an das Trottoir kommen sollte als auf 1·25 m, was bei schmäleren Straßen bei Anwendung von 12 m Radius gerade noch möglich war ohne Anwendung von Gegenkurven.

Bezüglich der Beschaffenheit des Oberbaues wurde im Vorhinein nur bestimmt, dass bei demselben, wie gegenwärtig meistens üblich, keine Holztheile zur Verwendung kommen sollten, und wurde für die Lieferung des Oberbaues eine Konkurrenz mit beliebig vorzuschlagenden Systemen ausgeschrieben, bei deren Beurtheilung, unter Voraussetzung gleichen Preises, auf folgende Eigenschaften ein besonderes Gewicht gelegt wurde:

1. Möglichst große Dauerhaftigkeit, hauptsächlich bedingt durch ein möglichst großes Volumen der dem Verschleiß ausgesetzten Theile;
2. möglichst kleine Legungskosten, hauptsächlich bedingt durch möglichste Einfachheit des Systems;
3. kleine Unterhaltungskosten in Bezug auf die richtige Lage des Geleises, bedingt durch eine zweckmäßige Verlaschung, möglichst breite und tiefliegende Auflageflächen, möglichst centrale Druckübertragung auf die Basis und ein möglichst großes Gewicht des Geleises;
4. möglichste Eignung der abgenützten Schienen zu Bauzwecken, namentlich als Mauer- und Gewölbräger, wie solche im modernen Hochbau vielfach benöthigt und oft durch alte Eisenbahnschienen ersetzt werden.

Es wurden zahlreiche Systeme offerirt, von denen jedoch nur zwei einer näheren Beurtheilung unterzogen wurden, nämlich die zwei gegenwärtig in Deutschland wohl am meisten verwendeten Systeme Phönix und Haarmann, während die übrigen (Heusinger v. Waldegg, Hartwich Demerbe u. A.) den gestellten Bedingungen weniger entsprachen\*).

Während die Offerte der Firma Phönix (in Laar bei Ruhrort a. Rhein) auf mehrere Alternativen für verschiedene Schienenprofile lautete, von denen namentlich die Profile Nr. 4 und Nr. 7, entsprechend den Figuren 6 und 7 auf Taf. XVI, wie selbe, beispielsweise ersteres in Utrecht und letzteres in Königsberg, Saarbrücken etc.,

\*) Ober-Ingenieur Fischer-Dick sagt diesbezüglich in der „Zeitschr. f. Lokal- und Straßenbahnwesen“, Jahrg. 1890, S. 33: „Die leichten Rillenschienen auf Lang- und Querschwellen-Unterbau genagelt, sind längst durch die Stahloberbaukonstruktionen, welche in der Hauptsache von den Hüttenwerken Phönix in Laar und dem Stahlwerk Osnabrück hergestellt werden, verdrängt worden, nur noch in ganz vereinzelten Fällen wird in Deutschland von besonders konservativen Ingenieuren die Holzlangschwelle mit Sattelschiene verwendet.“

verwendet werden, besondere Beachtung fanden, war das System Haarmann (Osnabrück) durch das sogenannte Zwillingschienen-System (Fig. 8) wie es z. B. bei der ersten Straßenbahn in Finnland (Åbo) zur Anwendung gekommen ist, repräsentirt.

Bei einem Vergleich dieser zwei Systeme in Bezug auf obgenannte Bedingungen gewann man bald die Ueberzeugung, dass das System Phönix in mehrfacher Beziehung vortheilhafter sein müsste, indem es sich bei wesentlich billigerem Preis dennoch durch eine kräftigere Konstruktion der Schiene mit allen damit vereinigten Vorthteilen, sowie auch durch größere Einfachheit auszeichnete. Während sich nämlich für das System Haarmann bei einem Gewicht der beiderseitigen Doppelschienen von 46 kg der Preis auf 11.95 Reichsmark per laufendem Meter Geleise cif Helsingfors belief, betrug beim Phönix-Profil Nr. 4 das in Bezug auf Dauerhaftigkeit und Zweckmäßigkeit dem Haarmann'schen wohl wenigstens gleichzustellen sein dürfte, das Schienengewicht 58 kg (somit rund 26% mehr als Haarmann's) und der Preis 10.00 Reichsmark per laufendem Meter Geleise (also rund 16% billiger), während beim Profil Nr. 7 das Gewicht der Schienen 67 kg (rund 45% mehr) und der Preis 11.45 Reichsmark per laufendem Meter Geleise (somit noch 4.2% billiger als Haarmann) ausmachte.

Diese Preise galten jedoch nur für das gerade Geleise, während die Kurven bei beiden Systemen noch einen Zuschlag von 0.50 Reichsmark per laufendem Meter erhielten.

Als ein weiterer Vorthteil der Phönix-Schienen wurde angenommen, dass dieselben durch die in den Kopf eingewalzte Rinne leichter rein zu halten sein müssten, als die mit Sand gefüllte Rinne zwischen den Haarmann-Schienen, worin der eingestampfte Schmutz kleben bleibt und daraus namentlich bei Frost schwerer zu entfernen sein müsste. Dieser Uebelstand dürfte allerdings durch die stellenweise verwendeten Drillingsschienen vermieden werden, wobei zwischen obigen zwei Schienen statt einzelner Gussklötze der ganzen Länge nach ein I-Eisen eingeschoben ist, was aber die Anlage jedenfalls noch mehr vertheuern dürfte.

Von Wichtigkeit ist auch die mehr centrale Druckübertragung bei der Phönix-Schiene, bei der die Druckresultante in's mittlere Drittel der Basis fällt, was beim System Haarmann nicht der Fall ist, und daher hier die Schienen eine größere Neigung zum Kanten besitzen. Wird hier überdies der Schraubenverband der beiden Schienen locker, so hat die Fahrachse allein den Druck aufzunehmen, was für eine Schiene von nur 11½ kg Gewicht per laufendem Meter und nur 62 mm Fussbreite doch bedenklich ist.

Hiergegen wird dem Haarmann'schen System allerdings stellenweise der Vorthteil zugeschrieben, dass nach Abnützung der Laufschiene dieselben gegen die Leitschienen umgetauscht werden könnten, und dadurch eine längere Dauer zu erreichen wäre. Allein abgesehen davon, dass schon das Phönix-Profil Nr. 4 eine bedeutend größere Abnützungsfläche hat als der Haarmann'sche Schienenkopf, und dass bei letzterem System auch bei der Leitschiene ein, wenn auch nicht so großer, paralleler Verschleiß durch das gewöhnliche Straßenfahrwerk wahrscheinlich ist, so wäre auch ein solches Umtauschen in Anbetracht der Komplizirt-

heit des Systems, der zahlreichen theilweise festgerosteten Schrauben etc. eine kostspielige und verkehrsstörende Operation. Es dürfte auch ein solches Umtauschen noch nirgends vorgenommen worden sein.

Um jedoch noch weitere Anhaltspunkte über das zweckmäßigste Oberbausystem zu gewinnen, wurden die diesbezüglichen Meinungen der Straßenbahn-Verwaltungen verschiedener Städte Deutschlands und anderer Länder eingeholt, in denen eiserner Oberbau verwendet wird, und kann daher der nachfolgende Auszug aus den eingelaufenen Gutachten einiges Interesse verdienen. Hiebei mögen, der privaten Natur jener Gutachten wegen, die Ortsnamen nicht genannt werden.

Nr. 1.

— — — 15. Jänner 1889.

— — — Bei einem etwaigen Neubau würden wir immer wieder Phönix-Rillenschienen nehmen.

Nr. 2.

— — — 24. Oktober 1889.

Wir haben bisher System Haarmann verwendet, das sich im Allgemeinen während der vierjährigen Liegezeit gut bewährt hat; dennoch haben wir uns neuerdings zu dem System Phönix entschlossen, schon weil es bei gleichen Vorzügen wesentlich billiger und konstruktiv einfacher ist. Die Phönix-Schienen werden ohne Querunterlagen einfach auf Sand gebettet. Im Pflaster haben sich die Verlegungskosten hier inklusive Pflasterlohn und inklusive Kies auf zirka 3.00 Mk. per laufenden Meter Geleise gestellt. — — —

Nr. 3.

— — — 5. November 1889.

Wir haben nur auf einer Nebenlinie das System Phönix angewendet, und sind mit demselben zufriedengestellt. Die Verlegungskosten ohne Material dürften 1.50 Mk. bis 3.00 Mk. per laufenden Meter betragen.

Nr. 4.

— — — 22. November 1889.

In höflicher Beantwortung Ihres gefälligen Schreibens vom 14. d. M. erlaube ich mir meine Ansicht dahin auszusprechen, dass das von Phönix gelieferte Profil Nr. 7 Ihren Ansprüchen am besten genügen dürfte. Die hier seit sieben Jahren mit diesem Profil gemachten Erfahrungen haben auch hinsichtlich der Verlaschung gute Resultate ergeben. — — —

Nr. 5.

— — — 24. November 1889.

Antwortlich Ihres geehrten Schreibens vom 19. d. M. theile ich ergebenst mit, dass ich für meine Pferdebahn in — — — (1pferdiger Wagen, 12 Sitz- und 12 Stehplätze) Phönix-Profil Nr. 4 verwendet habe. — — — Die Stösse halten sich perfekt und die Laschen und Spurstangen sind so stark, dass wir gar keine Unterhaltung daran haben. — — — Ich glaube, dass Sie kein besseres System wie obgenanntes benutzen können. Vom theueren Haarmann'schen System muss ich Ihnen entschieden abrathen, weil es viel zu komplizirt ist, viel zu viel Arbeit beim Legen und Unterhaltung erfordert, und auf Grund meiner Erfahrungen für eventuellen Dampftrieb ganz ungeeignet ist.

Nr. 6.

— — — 25. November 1889.

Im Besitze der geehrten Zuschrift vom 19. d. M. theilen wir Ihnen ergebenst mit, dass wir das System Phönix für Ihre Zwecke für geeignet halten. Dasselbe hat sich bis jetzt hier bewährt, und ist überall anerkannt gutes System.

Nr. 7.

— — — 25. November 1889.

In Erledigung des gefälligen Schreibens vom 19. d. M. erwidern wir ergebenst, dass uns das System Phönix für eine mit Einspannern eventuell auch mit Dampf zu betreibende Straßenbahn empfehlenswerth erscheint. — — —

Die Rillenschiene, System Phönix, welche auf unserer rund 5.5 km langen Dampfbahnstrecke (Profil Nr. 7) seit fast zwei Jahren in regelmäßigem Betrieb ist, hat sich bei uns im Allgemeinen durchaus bewährt, so dass wir dieselbe für Straßenbahnen aus vollster Ueberzeugung empfehlen können. Die Rillenschiene hat gegenüber den anderen bekannten Straßenbahnsystemen den wichtigen Vortheil einfacher Konstruktion und leichten und sicheren Einbaus in die Straßenflächen. Außerdem lässt sich die Rillenschiene viel leichter von Staub und Schmutz reinigen als eine getheilte Schiene, da die Spurkränze gegebenen Falles den Staub immer wieder auflockern, während sich in den zweitheiligen Schienen nach und nach eine dicke Staubschicht ansammelt. Im Winter, wenn die Schienen mit Salz bestreut werden, ist die Rillenschiene ebenfalls vortheilhafter, indem die Salzlösung in der Rille stehen bleibt und nicht ohne Weiteres versickern kann. Auch sind wir unserer Erfahrung nach der Meinung, daß die einfache Rillenschiene sich in Betreff der Stöße recht gut bewährt, wenn nur die nöthige Aufmerksamkeit beim Unterstopfen angewendet wird. Unsere Schienen liegen auf einer Kies-schicht von insgesamt 25 cm Dicke. — — —

Dagegen wurde allerdings von einer Seite gegen die Phönix-Schienen eingewendet, bei denselben (bei Dampf-betrieb) sei der Verschleiß des Kopfes zu stark, von anderer Seite hingegen unter ausdrücklicher Hervorhebung, dass sich dieselben in Bezug auf Tragfähigkeit und Verschleiß gut bewährt hätten, dass sich die Verlaschung am fraglichen Ort nicht bewährt habe. Was nun den Verschleiß betrifft, so hat man, ganz abgesehen von obigen widersprechenden Ansichten, denselben wohl theilweise in der Hand durch Vorschreibung einer entsprechend hohen Festigkeit, die hier infolge der viel geringeren Inanspruchnahme des Materials als bei Eisenbahnschienen und infolge der vollständigen Gefährlosigkeit von eventuellen Schienenbrüchen bedeutend höher sein kann als bei letzteren Schienen. Auch das hier gefällte ungünstige Urtheil gegen die Verlaschung findet im angeführten Gutachten Nr. 5 einen Widerspruch, denn beide Fälle beziehen sich auf dasselbe Schienenprofil Nr. 4 und Stöße mit Flachlaschen, bloß mit dem Unterschied, dass im letzteren Falle die Laschen etwas stärker sind. Allein durch Anwendung von Winkellaschen, wie in Fig. 7, lässt sich zweifelsohne eine noch viel solidere Stoßverbindung erreichen.

Schließlich wurde auch noch in Betracht gezogen, dass das System Phönix nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen Ländern immer mehr Terrain zu gewinnen scheint, wie dies sowohl aus dem Zeugnis Nr. 2, als auch noch mehr aus folgendem Ausspruch Fischer-Dick's an früher genannter Stelle über die fraglichen zwei Systeme hervorgeht: „Diese Stahl-oberbaukonstruktionen haben auch im Ausland Anerkennung gefunden, und finden wir solche in Oesterreich-Ungarn, Italien, Spanien, Portugal, Dänemark, Schweden, England, Irland, Holland, Finnland, Schweiz, Australien, Barbados und Argentinien. Das Werk Phönix hat allein rund 1780 km Geleise = rund 141.000 t Straßenbahn-Oberbau, darunter 1320 km für das Ausland geliefert. Das Stahlwerk Osnabrück 602 km Geleise, darunter rund 200 km für das Ausland.“

In Anbetracht aller dieser Umstände wurde das System Phönix als das weitaus vortheilhaftere zur Ausführung angenommen, und handelte es sich nur noch um die Wahl des Profils. Für den beabsichtigten Betrieb mit einspännigen

leichten Wagen hätte sowohl auf Empfehlung der Firma Phönix als auch mit Rücksicht auf das Gutachten Nr. 5 das Schienenprofil Nr. 4 genügen können, und hatte man sich daher auch anfangs, vor Erlangung der Konzession für den eventuellen elektrischen Betrieb entschlossen, dieses Profil zur Anwendung zu bringen. Um aber bei einem all-fälligen künftigen Uebergang zu diesem System dem durch die Motoren bedingten größeren Wagengewichte gerecht zu werden, und nachdem von anderen Seiten gerathen wurde, auch für den einspännigen Pferdebetrieb kein schwächeres Profil als Nr. 7 zu nehmen (wie auch aus den Gutachten Nr. 4 und 8 zu entnehmen), so wurde bei der definitiven Bestellung des Oberbaumaterials zu diesem Profil übergegangen.

#### Gesammanordnung und Legung des Oberbaues.

Die Gesamtanordnung des Oberbaues ist aus den Fig. 1 bis 5, Tafel XVI zu entnehmen. Die Schienen haben eine normale Länge von 9.0 m und erhielten an den Stößen kräftige Winkellaschen von 15 mm Dicke und 500 mm Länge, mit 4 Schraubenbolzen von 22 mm Durchmesser. Für die gegenseitige Verbindung der beiden Schienenstränge werden in Abständen von 2.25 m hochkantige Flacheisen von 60 × 10 mm in der Weise verwendet, dass die abgebogenen Enden dieser Flacheisen mit je einem 22 mm Bolzen an den Schienensteg angeschraubt werden.

Für den eventuellen Uebergang zum elektrischen System mit Rückleitung durch die Schienen erhielten diese neben den Laschenenden im Steg noch je ein Loch von 12 mm Durchmesser zur Befestigung des Leitungsdrahtes mittelst kupfernen Nieten.

Bezüglich der Beschaffenheit der Stahlschienen galten dieselben Vorschriften, wie sie in Deutschland für die Lieferung von Eisenbahnschienen zu gelten pflegen, und war speciell eine minimale Festigkeit des Materials von 5000 kg per cm<sup>2</sup> verlangt. Es wurde aber zur Erreichung eines größeren Widerstandes gegen Verschleiß im Allgemeinen für eine höhere Festigkeit gesorgt\*).

Die Legung geschah in der Art, dass für jeden Schienenstrang eine Grube von 0.3 m Tiefe unter dem Straßenplanum und von 0.25 m Bodenbreite ausgehoben, und sodann bis zu ungefähr 160 mm Höhe mit gröberem, reinen Granitsand (Grus) gefüllt wurde. Auf diese Unterlage wurde das fertig verbundene Geleise gelegt und dann unter gleichzeitiger Ausrichtung kräftig unterstopft. Dies geschah mittelst eisernen Stangen von etwa 1.5 m Länge und 25 mm Durchmesser, die an einem Ende etwas abgebogen, und mit einem Querstück von rund 100 mm Länge und 20 × 25 mm Querschnitt versehen waren, und mit welchen Stangen von je zwei einander gegenüber stehenden Arbeitern der Sand unter den Schienenfuß eingestoßen wurde. Wenn hiebei das Geleise stellenweise zu hoch zu liegen kam, wurde es durch schwere hölzerne Handrammen niedergestoßen. Die Schienenstöße erhielten keine besonderen Unterlagen, es wurde aber hier für eine besonders sorgfältige Unterstopfung

\*) Gegenwärtig soll die „Phoenix“ in der Lage sein, nach ihrem patentirten höchst einfachen Kohlungsverfahren Schienen mit einer Festigkeit von 6000 bis 7000 kg per cm<sup>2</sup> herstellen zu können.

gesorgt. Die Lauffläche der Schiene wurde um rund 5 mm unter die Oberfläche des Pflasters versenkt um beim Setzen des letzteren ein Emporragen der Schiene über demselben möglichst zu vermeiden, sowohl des Aussehens wegen, als auch zum Schutze der Schienen gegen das Straßenfuhrwerk.

Bei makadamisirten Straßen, in welchen sich die Bahn zum Theil befindet, wurde zu beiden Seiten der Schienenstränge eine Reihe behauener Pflastersteine verlegt, eine Anordnung, die sich z. B. in Stockholm für ein gutes Liegen des Geleises als sehr zweckmäßig erwiesen hat.

Die Weichen sind symmetrische Normalweichen, mit festen Zungen, und haben die Ausweichplätze von Spitze zu Spitze eine Länge von 54 m (entsprechend 6 normalen Schienenlängen), eine Breite von 2.5 m von Mitte zu Mitte Geleise, und Kurvenhalbmesser von 40 m.

Die Legung des Oberbaues geschah in Unternehmung gegen einen Preis von 5.0 Frcs. pro laufenden Meter Geleise, welcher Preis sich bei gepflasterten Straßen, woselbst die vorhandenen Pflastersteine unentgeltlich benützt werden konnten, auf die fertige Bahn bezog, während sich bei den makadamisirten Straßen durch die nöthige Anschaffung der Pflastersteine der Gesamtpreis auf rund 7.2 Frcs. per laufenden Meter fertiges Geleise belief, oder nachdem beide Arten ungefähr je zur Hälfte vertreten sind, im Mittel auf rund 6.1 Frcs. per laufenden Meter fertiges Geleise. Nachdem das Geleise selbst 11.45 Mk. per laufenden Meter gerades Geleise, und 11.95 Mk. per laufenden Meter Kurvengeleise kostete, und das letztere ungefähr 14 % der Gesamtlänge ausmacht, so betrug der mittlere Preis des Eisenmaterials rund 11.6 Mk. = 14.5 Frcs., und daher der mittlere Gesamtpreis des fertigen Geleises rund 20.6 Frcs. per laufenden Meter, gegenüber der im Kostenanschlage gemachten Annahme von 24.0 Frcs. per laufenden Meter.

#### Die Betriebsmittel.

Es wurden vorläufig nur geschlossene einspännige Wagen mit 14 Sitz- und 10 Stehplätzen angeschafft. Dieselben haben einen Radstand von 1600 mm, einen Rad Durchmesser von 680 mm und ein Gewicht von 1600 kg. Im Gegensatz zu der bei Straßenbahnwagen gebräuchlichen Anordnung der in einem Stück aus Gusseisen oder Gussstahl gegossenen Räder, von denen sich namentlich erstere ungleichmäßig abzunützen pflegen, wurden hier Räder neuerer Art verwendet, wie selbe von der Firma „Phönix“ geliefert werden, und die nach Art der Eisenbahnräder aus gewalzten Stahlbandagen bestehen, die auf geschmiedeten Sternen aufgezogen sind. Hiedurch werden die Räder leicht und elegant und brauchen nach Abnützung der Bandagen nur diese erneuert zu werden. Im Uebrigen erhielten die Wagen die gebräuchliche Anordnung, zeichnen sich aber besonders durch Leichtigkeit und Eleganz aus und erregten allgemeine Befriedigung. Dieselben wurden von der Wagenbauanstalt Scandia in Randers (Dänemark) zum Preise von 2800 Kronen per Stück eif. Helsingfors geliefert.

Es verdient erwähnt zu werden, dass die Funktion dieser Wagen bisher eine überaus befriedigende gewesen, und dass dieselben trotz Verwendung von verhältnismäßig schwachen finnischen Pferden bei voller Last selbst bei

längeren Steigungen bis zu 1:35 ohne Schwierigkeiten von einem Pferde im Trab fortgeschafft werden. Eine besondere Erwähnung verdient die Bewegung der Wagen in den Kurven, die trotz dem angeführten verhältnismäßig großen Radstand, (1.6 m bei festen Lagern) dank der angewandten kleinen Spurweite bei mehreren 90gradigen Kurven von 12 m Radius durchaus gleichmäßig und ohne besondere Anstrengung für die Pferde verläuft. \*) Einige dieser Kurven befinden sich sogar in ziemlich starker Steigung, ohne dass sie Vorspann erfordern. Nur bei einer gleichfalls 90gradigen Kurve, die infolge von unvorhergesehenen Verhältnissen gegen das ursprüngliche Programm einen Halbmesser von nur 10 m erhalten musste, macht sich ein Gleiten der äußeren Räder bemerkbar. Irgendwelche Entgleisung ist bisher kein einzigesmal vorgekommen.

Nachdem sich in anderen nordischen Städten (z. B. Stockholm) für den Sommerbetrieb offene Wagen als besonders zweckmäßig erwiesen haben und beim Publikum sehr beliebt sind, so wurden für die Zukunft auch derartige Wagen in Aussicht genommen.

Zur Winterszeit spielen hier natürlich der Pflug und das Salz eine wichtige Rolle. Ersterer besteht aus einem vierrädrigen Wagen (Fig. 11) an dem nebst den Pflugschaufeln A noch zwei feste Flachbürsten B<sub>1</sub> und zwei gegen die Schienenrichtung schiefgelegene rotirenden Bürsten B angebracht sind. Letztere werden durch ein Zahnradsystem in Bewegung gesetzt und mittelst des Hebels H gehoben oder gesenkt, sowie durch den Hebel H<sub>1</sub> ein- oder ausgeschaltet. Behufs Wendung des Pfluges wird die Spindel C so weit niedergeschraubt, dass der Fuss D den Boden berührt, und sodann der ganze Wagen soweit emporgehoben, dass derselbe gedreht werden kann.

Zur Lösung des Schnees wird bekanntlich mit Vortheil Salz verwendet. Dies geschieht gewöhnlich durch direktes Bestreuen der Schienen; nachdem man aber in Stockholm durch Bespritzung derselben mittelst Salzlösung (10 %) gute Resultate erzielt haben soll, so wurde auch für Helsingfors dieses Verfahren angenommen, zu welchem Zwecke der in Fig. 9 und 10, Tafel XVI ersichtliche Tonnenwagen verwendet wird. Die Lösung fließt aus der Tonne durch das Rohr B in das Vertheilungsrohr R und zu den über den Schienen gelegenen Seiherköpfen C. Die Absperrung geschieht mittelst des Krahns K, der durch den Hebel H vom Kutschbock aus in Bewegung gesetzt wird.

Pflug und Tonnenwagen wurden von der Wagenbauanstalt Atlas in Stockholm, jeder zu 900 Kronen ab Werk, geliefert. Für die Räumung der Schienen sind zwar die Wagen in üblicher Weise mit Besen versehen, nachdem aber diese namentlich in den Kurven, wo sie auf das Pflaster kommen, sofort abgenützt werden, so ist ihr Nutzen nur unbedeutend und kann von denselben namentlich die Rille nicht geräumt werden, sondern muss dies durch Handarbeit geschehen. Hiezu werden in üblicher Weise kleine Schaufeln

\*) In Rheinhard's Ingenieur-Kalender heißt es bezüglich der Straßenbahnen: „Krümmungen können mit einem Halbmesser von 12-15 m angelegt werden, wenn der Radstand nicht über 1.3 m groß ist“, was sich wohl nur auf die normale Spurweite beziehen dürfte.

verwendet, deren vorderes Ende dem Schienenprofil entspricht und die am Stielende eines Besens befestigt sind. Da aber diese Art der Räumung sehr zeitraubend ist, so wurde vom Verfasser der aus Fig. 12 u. 13 ersichtliche Spurreinigungsapparat konstruiert, der durch bloßes Schieben über die Schiene zugleich diese wie auch das angrenzende Pflaster reinigt. Derselbe besteht aus einem kleinen Spaten *S*, dessen vorderes Ende der Schienenoberfläche entspricht und an dem vermittelt eines gebogenen Winkelleisens *E* in schiefer Richtung zwei flachen Bürsten *G*, mittelst der Flacheisen *F* und der Flügelschrauben *H* so befestigt sind, dass ein Versetzen der Bürsten oder deren Entfernung rasch und bequem geschehen kann. Die Flacheisen sind an den Enden für die Schrauben *H* mit Schlitz versehen, wodurch dieselben durch bloßes Verschieben abgenommen werden können. Für zähere Massen, wie kompakten Schnee und Koth, können anstatt der Bürsten Bretchen oder Blechstücke eingespannt werden. Will man zeitweilig den Spaten allein verwenden, so kann der Bürstenapparat durch Lösen der beiden Schrauben *H*<sub>1</sub> leicht abgenommen werden.

#### Der Betrieb.

Die Betriebseröffnung geschah Anfang Dezember des vorigen Jahres und verlief bisher in normaler und befriedigender Weise. Hiebei verdient namentlich die erfreuliche Thatsache konstatiert zu werden, dass die Bahn bezüglich der so sehr gefürchteten Schneehindernisse sozusagen die Feuerprobe sehr gut bestanden hat. Denn trotzdem der vergangene Monat Jänner einer der schneereichsten gewesen, und man gegen anhaltendes Schneegestöber zu kämpfen gehabt, so verlief der Verkehr die ganze Zeit ohne die geringste Unterbrechung. Der Pflug hatte allerdings zeitweilig eine schwere Arbeit, wenn z. B. über Nacht neuer Schnee in größerer Menge gefallen; allein nach vorhergehender stellenweiser Schaufelung durch einige Mannschaft (namentlich an stärker verwehten Stellen) erbot das Durchführen des Pfluges keine besondere Schwierigkeit. Wenn dies einmal geschehen, brauchen die Linien untertags nur etlichemale mit dem Pflug abgefahren zu werden, um die Bahn freizuhalten, wozu gewöhnlich nur zwei und nur bei größeren Hindernissen drei Pferde erforderlich sind.

Hiebei hat es sich nun gezeigt, dass die Bürsten zwar die Schienen gut reinigen bei frisch gefallenem losen Schnee, dass aber dies weniger der Fall ist bei solchem, der namentlich in die Rille eingestampft und etwa auch festgefroren ist. Es wurden daher zur Entfernung dieser Massen auf Vorschlag des Verfassers an den Pflug zwei besondere Schienenkratzer angehängt, die sich sehr gut bewährt haben. Dieselben bestehen aus zwei Blechen von 250 mm Breite, die dem Schienenprofil angepasst und etwas nach vorne und nach außen geneigt sind, um die Massen nach auswärts zu werfen, und die durch besondere Arme mit dem Wagengestelle in Verbindung stehen. Außerdem sind dieselben zur besseren Leitung mit einander verbunden, und zur Erreichung besserer Wirkung belastet.

Der Fahrpreis beträgt für jede beliebige Fahrt 0.15, Frs., nebst dem bestehen besondere Rabattmarken, welche in Partien von 3.0 Frs. gegen 16% Rabatt abgegeben werden.

Die Erlegung des Fahrpreises geschieht nicht, wie allgemein üblich, gegen Empfang eines Billets (wie dies früher auch hier beim Omnibusverkehr der Fall gewesen), sondern nach dem Stockholmer Muster durch direktes Einwerfen eines Betrages in eine vom Kondukteur vorgehaltene Büchse. Hiebei fällt das Geld zuerst in ein Glasgehäuse, damit sich der Kondukteur von der Richtigkeit der Abgabe überzeugen kann, und hiernach erst durch den Druck auf einen Knopf und entsprechendes Oeffnen einer Klappe in die mit einem Sicherheitsschloss verschlossene Büchse, wozu der Schlüssel im Betriebsbureau verwahrt wird. Hiedurch werden sowohl die trotz Kontrolle oft vorkommenden Missbräuche mit den Billets vermieden, als auch die Ausgaben sowohl für diese als auch für die Kontrolle auf der Linie erspart. Außerdem erhält der Kondukteur, theils um ihn von der Berührung mit dem Fahrgeld möglichst fernzuhalten, theils aber auch zu rascherer Bedienung des Publikums das nöthige Wechselgeld in geschlossenen Couverts in Beträgen von 0.25, 0.50 und 1 Frs., entsprechend den gangbaren Silbermünzen, welche Couverts den Passagieren überreicht und von diesen selbst geöffnet werden.

Noch einfacher ist allerdings das amerikanische, stellenweise gegenwärtig auch in Europa (z. B. in Lübeck) geübte System, wobei der Kondukteur wegfällt und der Fahrpreis in einen an der vorderen Wagenwand angebrachten Einwurfkasten abgegeben wird, und wobei die Ueberwachung der Abgaben in erster Linie dem Kutscher, indirekt aber auch dem Publikum anvertraut ist. Ersterer besorgt in diesem Falle auch das Wechseln, und kann durch einen vor ihm angebrachten Spiegel das Innere des Wagens überblicken. Allein abgesehen von den hiebei leicht vorkommenden Missbräuchen von Seite des Publikums\*), und von dem Uebelstande, dass die Aufmerksamkeit des Kutschers zu sehr von seiner eigentlichen Aufgabe abgelenkt werden kann, so dürfte dieses System wohl nur dort ohne Bedenken anzuwenden sein, wo sich die Mehrzahl der Bevölkerung auf einer höheren Entwicklungsstufe befindet, so dass weder Missbräuche mit der Abgabe zu befürchten, noch besondere Organe für die Aufrechthaltung der Ordnung, Abweisung unanständiger Personen etc. nothwendig sind.

Das finanzielle Betriebsergebnis gestaltet sich ganz günstig, denn die ersten zwei Monate ergaben zwar nur eine durchschnittliche Tageseinnahme von 390 Frs., allein beim vorhergehenden Omnibusverkehre hat man die Erfahrung gemacht, dass in den Monaten Dezember bis Februar hauptsächlich infolge der vorherrschenden Kälte die durchschnittliche Tagesfrequenz um 30—40% kleiner gewesen als jene des ganzen Jahres. Demnach müsste schon unter den jetzigen Verhältnissen wenigstens die im Kostenanschlage bedingte tägliche Tageseinnahme von rund 500 Frs. erwartet werden können. Nachdem aber die Linien infolge von lokalen Hindernissen noch nicht vollständig ausgelegt sind, und theilweise auch mittelst Omnibus und auf einer kürzeren Strecke gar nicht verkehrt wird, so dürfte sich das schließliche Resultat schon im ersten Jahre noch

\*) Derlei Missbräuche sollen in Lübeck sogar bei Personen besserer Stände konstatiert worden sein.



viel günstiger gestalten. Umsomehr aber kann dies in der Zukunft erwartet werden, in Anbetracht der angeführten raschen Zunahme der Bevölkerung, und nachdem diese sich genügend daran gewöhnt hat, die Vortheile des neuen Verkehrsmittels entsprechend zu würdigen. Auch dürften die Betriebsausgaben nicht höher steigen als im Kostenanschlag vorgesehen, nachdem die gegenwärtigen laufenden Tagesausgaben für Verwaltung und Betrieb nur rund 360 Frcs. betragen.

Zur Charakterisirung des Unterschiedes zwischen Omnibus- und Pferdebahnverkehr unter solchen Verhältnissen wie in Helsingfors, möge noch angeführt werden, dass bei gleicher Anzahl Pferde die Einnahmen des Omnibusverkehrs kaum die Hälfte derjenigen der Pferdebahn betragen.

Helsingfors, im Februar 1891.

## Ueber Härtebestimmungen.

Prof. A. Martens, Vorsteher der mech.-techn. Versuchsanstalt in Charlottenburg-Berlin, veröffentlichte in den Mittheilungen dieser Anstalt eine interessante Abhandlung über Härtebestimmungen, welche sich als Vertheidigung seiner von mir angegriffenen Ritzmethode (siehe „Zeitschr. des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“, Jahrgang 1890, S. 3) und als eine Entgegnung, bezw. Anzweiflung meiner Behauptung, „Härte ist proportional der Scheerfestigkeit“ darstellt.

Mein geehrter Freund und College sandte mir seine Abhandlung mit dem Ausdrucke des Wunsches ein, dieselbe in der „Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“ besprechen zu wollen; und diesem Wunsche darf entsprochen werden, da thatsächlicher, interessanter Inhalt mitzuthemen ist und auch die schließliche Lösung der Frage, was eigentlich Härte ist, durch die sachliche Erwägung entgegenstehender Ansichten nur gefördert werden kann.

In manchen Punkten sind übrigens unsere Ansichten nach der letzten Arbeit von Martens nicht so entgegengesetzt, wie derselbe zu glauben scheint. So z. B. sagte ich in meinem Vortrage (Jahrgang 1890, S. 3, Z. 15):

„Das Ritzverfahren, welches die Mineralogie anwendet, beabsichtigt nur relative Härtebestimmungen, und dieses Verfahren wird seiner Einfachheit wegen in aller Zukunft Anwendung finden.“ Demnach sprach ich mich nicht gegen die Ritzverfahren, insofern sie nur relative Bestimmungen beabsichtigten, aus.

Und Martens sagt (S. 278—279 der Mittheilungen): „In dem Sinne Kick's habe ich für meine Person überhaupt gar nicht daran gedacht, meine oder die Turner'sche (Ritz-) Methode für genau, d. h. als zur Bestimmung der Härte im absoluten Maß ausreichend zu halten, einfach deshalb nicht, weil meiner Auffassung nach es keine ausreichende Begriffs-erklärung für die Eigenschaft Härte gibt.“

In dem oben angeführten Satze erkenne ich den bleibenden Werth der mineralogischen Ritzmethode zur relativen Härtebestimmung ausdrücklich an, und Martens räumt jetzt seiner und Turner's Ritzmethode auch nur mehr oder doch wenig mehr als die Bedeutung einer relativen Härtebestimmung ein. Die früheren Mittheilungen von Martens schienen mir viel weiter zu gehen; ich verstand sie so, als ob Martens Turner's und seine Ritzmethode als ein Verfahren zur absoluten Härtebestimmung betrachtet wissen wollte, denn S. 40, Z. 11 bis 15 der Sitzungsberichte 1888 des Vereines für Gewerbeleiß spricht Martens über Turner's Abhandlung über Härtebestimmung sich folgendermaßen aus: „Die uns vorgelegte englische Arbeit des Professor Turner gibt eine Uebersicht über den größten Theil der bisher zur Härtebestimmung von Metallen üblichen Methoden und endlich eine, wie es scheint brauchbare Art, die Härte im strengen Sinne zu messen.“ Diese Worte: „im strengen Sinne zu messen“, hielt ich für gleichbedeutend mit absoluter Härtebestimmung.

Nachdem Martens jetzt sagt, er habe überhaupt „nicht daran gedacht“, seine und Turner's Methode für genau, d. h. als zu einer Bestimmung der Härte im absoluten Maß aus-

reichend zu halten, kann ich nur bedauern, dass er sich 1888 nicht ebenso deutlich aussprach und mir Veranlassung gab etwas zu widerlegen, was er nicht sagen wollte.

Hoffentlich wird der Leser mich freundlich entschuldigen, denn meine Darlegungen haben dahin geführt, dass Martens sich klarer fasste, und dies ist doch wohl in solchen Fragen nöthig und ein Gewinn.

Martens sagt (S. 280 d. Mittheilungen): „Kick erkennt ausdrücklich die Herz'sche Forderung an, dass die Ordnung, in welche eine richtige Härtemessung die Körper nach der Härte bringt, übereinstimme mit der mineralogischen Härteskala. Er nimmt dieses Ritzverfahren ausdrücklich als den Maßstab für sein später zu besprechendes Verfahren der Härtebestimmungen durch den Scheerversuch in Anspruch. Wenn ich mich im Allgemeinen auch auf den gleichen Standpunkt stelle, dass es wünschenswerth ist, eine neue Methode thunlichst an diese allgemein eingebürgerte Anschauung anzuschließen, so kann ich mir doch denken, dass es noch zweckmäßiger sein würde, wenn ein Verfahren gefunden werden könnte, welches gestattet, die Härte in absolutem Maße auszudrücken.“

Auch diesem Gedankengang schließe ich mich vollkommen an, und ich suchte demselben durch den Nachweis, dass Härte proportional der Scheerfestigkeit sei, zu entsprechen, denn dadurch wäre ja das absolute Maß für Härte gefunden.

Hingegen sagt Martens (S. 281): „Gegen den Satz, dass die Härte proportional der Scheerfestigkeit, lässt sich theoretisch vielleicht keine Einwendung machen; praktisch scheint mir aber kein großer Gewinn gegenüber der früher besprochenen Begriffserklärung erreicht zu sein, denn die Scheerfestigkeit ist ebensowenig eine einfache Eigenschaft als es die Härte ist.“

Auch hier gehen wir nicht so weit auseinander, als es den Anschein hat. Erklärte ich ja doch selbst in dem am 6. Jänner 1890 im Vereine für Gewerbeleiß gehaltenen Vortrag, dass die praktische Bedeutung der Behauptung: „Härte sei proportional der Scheerfestigkeit“, oder kurz: „Härte sei Scheerfestigkeit“, davon abhängt, dass es es gelinge, in einfacher Weise reine Abscheerungen zu erzielen. Der Unterschied der beiden Auffassungen besteht vielmehr nur darin, dass ich hoffe, dieses Ziel zu erreichen, hingegen Martens auf Grund seiner vergeblichen Versuche dies nicht für möglich hält.

Der Grund, warum ich dies mit Zuversicht hoffe, ist kurz der folgende: Die Natur zeigt zuweilen überraschend schöne Schub- oder Abscheerwirkungen in Gesteinen, sowie sie auch prachtvoll verdrückte Ammoniten und andere Versteinerungen aufweist. Es gelang mir einigermaßen die Natur in letzterer, hingegen noch nicht in ersterer Hinsicht zu erreichen, aber es muss möglich sein. Was die mechanischen Kräfte der Natur im Großen erzielen, das muss der Mensch im Kleinen, wenn er dasselbe Kräftespiel findet und anwendet, auch erzielen können.

Zwar sagt Martens (S. 285): „Offenbar haben die Versuche Kick's über die Formänderung spröder Körper unter allseitigem hohen Druck eine außerordentlich hohe Bedeutung, aber in Bezug auf die hier zu behandelnde Frage scheint es mir, als

ob sie ihren Urheber auf einen falschen Weg geführt hätten. Als den praktischen Zweck der Härtebestimmung oder Feststellung der Scheerfestigkeit kann ich mir in erster Linie nur den denken, dass man Härte und Scheerfestigkeit des Körpers kennen lernen will, wie er eben vorliegt, wie er technisch zur Verwendung kommt. Ist nun ein Körper, den man durch „kräftige, allseitige Umschliessung, so dass er nach keiner Seite irgend auszuweichen vermag“, in den bildsamen Zustand (falls es ein spröder Körper war) überführte, in diesem Zustande noch derselbe? Ist seine Härte, seine Scheerfestigkeit die gleiche geblieben, wie sie im Anfangszustande war? Hier liegt nach meiner Meinung die Lücke in der Kick'schen Schlussfolgerung. Er hätte die Härte der beiden Körper, die er in Vergleich stellte, Zinn und Schellack, unmittelbar vor dem Scheerversuch in dem Zustande feststellen müssen, in welchen er sie durch die besondere Art der Behandlung bis zum Versuch gebracht hatte, um aus den Ergebnissen mit Recht folgern zu können „die Härten beider Körper sind gleich, die Scheerfestigkeiten sind gleich“, und deshalb kann vielleicht das allgemeine Gesetz bestehen: „Die Härte ist proportional der Scheerfestigkeit“.

Martens ist berechtigt, meine Schlussfolgerung durch die vorstehenden Bemerkungen anzugreifen; denn so genau ich auch den Scheerversuch mit Zinn und Schellack beschrieb, so übersah ich doch ausdrücklich hervorzuheben, dass ich mich berechtigt halten konnte, die im Scheerapparat eingeschlossenen Körper (Zinn, Schellack) als im gleichen Härtezustand mit jenem Stückchen anzusehen, welche zur vergleichenden Ritzprobe dienten.

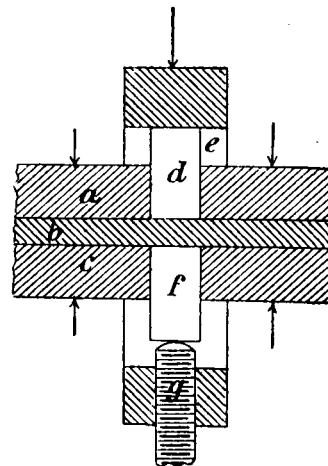
Seite 6, Z. 16, Jahrg. 1890 dieser „Zeitschrift, sagte ich zwar ausdrücklich, dass zur Ritzprobe gehämmertes Zinn benützt, und (Zeile 21), dass dasselbe in die Nuth des Scheerapparatens mit der Punze eingetrieben wurde, hob aber dort nicht ausdrücklich hervor, dass dasselbe daher als gleichartig verändert angesehen werden kann. Ebenso wurde beim Schellack nach dessen Erwärmung und Füllung in die Nuth des erwärmten Apparates die Abkühlung abgewartet, demnach dessen Zustand wohl derselbe gewesen sein musste, wie beim Ritzversuche.

Die Einwendungen können als sachlich nicht stichhältig, daher in Bezug auf meine Versuche mit Zinn und Schellack als hinfällig erklärt werden; hingegen liegt ihnen eine gewisse Berechtigung im Allgemeinen zu Grunde.

Bekannt ist, dass sich der Härtezustand vieler Materialien verändern lässt; z. B. lassen sich Metalle hart schlagen und es ist immerhin auch möglich, ja wahrscheinlich, dass sich die Scheerfestigkeit als nicht unabhängig von dem Grade der allseitigen Pressung erweist, unter welcher ein Körper steht, bei dem das Abscheeren durchgeführt wird.

Prof. Martens wendet sich (S. 282 der Mitth.) gegen meine (S. 6, erste Spalte, letzte Alinea) mit Bezug auf die Herz'schen Forderungen gethane Aeußerung, dass auch bei der Härtebestimmung durch Abscheerung, „strenge genommen“, kein anderer Körper als der auf seine Härte zu prüfende erforderlich sei, um die Probe durchzuführen. Martens thut dies, Blei als Versuchsmaterial wählend, indem er einen mißglückten Scheerversuch mit diesem Materiale näher beschreibt und daraus den Schluss zieht (S. 283 d. Mitth.), „dass es kaum möglich sein dürfte, ohne Anwendung grosser Nebenkräfte einen Körper mit sich selbst zu scheeren“. Meiner Ansicht nach beweist das negative Ergebnis eines Versuches lediglich, dass es so nicht angeht, den gewünschten oder gedachten Erfolg zu erzielen. Hätte ich versucht, Blei durch Blei abzuschneiden, dann würde ich mich eines Apparates bedient haben, ähnlich demjenigen, welches Martens S. 287 d. Mitth. vorschlägt und welches nachstehend skizzirt ist, (die Theile *d*, *e*, *f*, *g* bewegen sich gemeinschaftlich, *a* und *c* klemmen *b*) nur hätte ich die Dicke des abzuschneidenden oder zu lochenden Stückes *b* mit höchstens 0.2 mm bemessen, bei Aufrechthaltung der übrigen Abmessungen; dann wäre der Versuch kaum misglückt. Die nachstehende Figur ist ganz ähnlich einem auch von mir entworfenen Modellchen, doch ging ich hiervon deshalb ab, da das exacte Lochen spröder

Materialien auch hiermit nur bei sehr exakten Dünnschliffen und genauester Ausführung des Apparates selbst möglich sein dürfte, Bedingungen, welche ich noch nicht erfüllen konnte. \*)



Martens sagt (S. 286): „Gegen eine Behauptung Kick's muss ich mich übrigens noch wenden, welche ihn besonders mit veranlasst haben dürfte, von seiner Methode anzunehmen, dass sie ein absolutes Maß für die Härte zu liefern vermöge. Kick sagt nämlich: „Bei dem reinen Abscheerungsvorgange wächst der Druck bis die Elastizitätsgrenze auf der ganzen Scheerfläche gleichzeitig überschritten wird; dann erfolgt das Abscheeren plötzlich. Der Maximalwiderstand für das Abscheeren tritt an der Elastizitätsgrenze auf, dieser Widerstand wird gemessen. Es treffen also alle wesentlichen Bedingungen des Herrn Dr. Herz thatsächlich zu.“ Ganz abgesehen davon, dass, wie ich mehrfach hervorhob, die Elastizitätsgrenze praktisch wohl bei keinem Material einen bestimmten Werth hat, ist auch zu bestreiten, dass die Elastizitätsgrenze überhaupt auf der ganzen Scheerfläche gleichzeitig überschritten wird. Der Druck kann nur durch den mittleren Scheerbacken erzeugt werden, er kann von hier aus nur unter gleichzeitiger elastischer Formänderung des Scheerbackens übertragen werden und hiebei wird die Spannungsvertheilung in den scheerenden und gescheerten Körpern keine gleichmäßige sein können.“

Zunächst sehe ich von der Gegenbemerkung betreffs der Elastizitätsgrenze — welche keinen bestimmten Werth haben soll — gänzlich ab, weil dies leicht zu einem Wortstreite führen könnte, und beschränke mich darauf, mit Bezug auf die vorstehende Figur Folgendes zu bemerken: Durch Benützung des Schraubchens *g* und entsprechendes Gegeneinanderpressen der Platten *a* und *c*, kann das abzuschneidende Stück *b*, welches als dünnes Plättchen zu wählen wäre, zunächst fest eingespannt werden. Durch dieses Einspannen wird im mittleren Scheerbacken (oder Stempel) ein Druck erzeugt, und dieser Druck kann leicht jenen Druck übersteigen, welcher zur Abscheerung erforderlich ist und bei dessen Anwendung, da *d* und *f* sich gleichzeitig niederbewegen, eine weitere elastische Formänderung des mittleren Scheerbackens nicht mehr eintreten kann, wodurch auch deren Konsequenzen entfallen.

Nie habe ich behauptet, dass meine Versuche betreffs Erzielung reiner Abscheerung bereits ein praktisch verwertbares Verfahren zur Härtebestimmung geliefert hätten; diesbezüglich schrieb ich meinen Versuchen keine unmittelbare Anwendbarkeit zu, sondern mehr eine zunächst theoretische Bedeutung.

In der Richtung weiche ich jedoch wesentlich von der Auffassung des Collegen Martens ab, dass ich glaube, die Scheerversuche werden sich zur Härtebestimmung später ver-

\*) Es sind die materiellen Mittel meiner Lehrkanzel sehr beschränkt und eine mechanisch geschulte Hilfskraft nicht vorhanden; ich selbst viel anderweitig beschäftigt.

wenden lassen, während Martens diesbezüglich anderer Ansicht ist. Seine hauptsächlichsten Gegengründe glaube ich widerlegt zu haben und schreite zur Mittheilung der Resultate seiner Ritzversuche, gegen welche ich, dies sei wiederholt, nach der von Martens (auch wiederholt S. 287) gemachten Einschränkung, „dass das Ritzverfahren (nach Turner und Martens) keineswegs ein absolutes Messverfahren für die Härtebestimmung bildet“, nichts Prinzipielles einzuwenden habe.\*)

Die Martens'sche Härtebestimmung ist jetzt folgende:

Das auf seine Härte zu prüfende Metall ist an der zu ritzenden Seite eben geschliffen und polirt. Es wird auf dem Träger des Ritzapparates aufgekittet, die ritzende Diamantspitze entsprechend eingestellt und belastet. Unter der Diamantspitze wird der Probekörper um 1 mm verschoben, während welcher Bewegung ein Ritz von 1 mm Länge entsteht. Dann wird der Diamant abgehoben, der Träger senkrecht zur Streichrichtung durch eine Schraube etwas wenig verschoben, der Diamant neuerlich niedergelassen und wieder eine 1 mm lange Ritzung gemacht. In dieser Weise kann man Strich- oder Ritzgruppen bei denselben, oder bei verschiedenen Belastungen ziehen.

Nach dem neueren vereinfachten Verfahren werden bei der Belastung von 20 gr in Gruppen von je 5, 15 oder besser 25 Strichen gezogen, deren Strichbreite dann mikroskopisch gemessen werden, um schliesslich das Mittel der Strichbreite zu erlangen.

Um die Härte als Zahl angeben zu können, wählt Martens den reziproken Wert der Strichbreite, oder um rundere Zahlen zu erhalten, ein bestimmtes Vielfaches dieser Reziprokwerte.

Prof. Martens arbeitete mit vier, im Wesen gleichen Versuchsapparaten, deren Diamantspitzen den Spitzwinkel 90° haben sollten, jedoch Abweichungen zeigten, so dass die mit den verschiedenen Apparaten bei gleicher Belastung des Reissers erhaltenen Striche nicht gleiche Breite aufwiesen, sondern sich (S. 225, 231) wie die Zahlen 77 : 100 : 131 : 93 verhielten. Daher mussten durch Umrechnung die Angaben der verschiedenen Exemplare des Martens-Ritzapparates auf die Angaben jenes Apparates zurückgeführt werden, welcher als Normalapparat angesehen wurde. Die Einführung des Martens'schen Verfahrens in verschiedenen Versuchsanstalten würde daher voraussetzen, dass der Ritzapparat, welcher in Verwendung kommen soll, stets auf den als Normalapparat angenommenen experimentell zurückgeführt ist; würde dies nicht geschehen, so würden sehr verschiedene Härtewerte für dasselbe Material gefunden werden können, welche noch vielmehr von einander abweichen könnten, als die für die versuchten vier Apparate gefundenen Mittelzahlen 77, 100, 131, 93.

Die erste Zahlenreihe der folgenden Tabelle (S. 236, 237 und 238 d. Mitth.) gibt Verhältniszahlen für die Härte der Kupfer-Zinn-Legierungen, welche im Kopf der Tabelle näher bezeichnet sind, und enthält die Tabelle des weiteren ihre Beziehungen zur Mohs'schen Härteskala, sowie der gegenseitigen Ritzbarkeit.

Abgesehen davon, dass die Legierungen durch Schmelzen unter Kohlenpulver hergestellt wurden, was nicht unbedenklich ist, dürfte sich eine ähnliche relative Zahlenreihe für alle noch etwas hämmerbaren Körper auch, und zwar viel bequemer nach der Kerbenmethode von Uchatius herstellen lassen, wenn man die Reziprokwerte der Kerbenlängen einsetzt.

Tabelle I.

Zusammenstellung der Härte von Kupfer-Zinn-Legierungen.

	Schellack	Zinn 10	Cu Sn <sub>5</sub> 0·97 : 9·03	Cu Sn <sub>4</sub> 1·19 : 8·81	Cu Sn <sub>3</sub> 1·52 : 8·48	Cu Sn <sub>2</sub> 2·12 : 7·88	Cu Sn 3·50 : 6·50	Cu <sub>2</sub> Sn 4·82 : 5·18	Cu <sub>3</sub> Sn 6·18 : 3·82	Cu <sub>4</sub> Sn 6·83 : 3·17	Cu <sub>5</sub> Sn 7·29 : 2·71	Cu <sub>10</sub> Sn 8·43 : 1·57	Cu <sub>15</sub> Sn 8·90 : 1·10	Cu <sub>20</sub> Sn 9·15 : 0·85	Cu <sub>25</sub> Sn 9·32 : 0·68
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p
Härtezahl . . .	150 bis 178	282	364	378	300 und 446	218 und 487	625	830	1100	1020	1000	825	780	816	675
Der Körper															
ritzt . . . . .	—	—	[d]	[e]	[f] c u b	[e] (g) c u d	f, e bis b	[g] f bis b	g u. f	i, h a. g	h	g, f	[g] f	n [g] e	[o u. n] [f] e
ist härter als	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Härte Nr. . . .	—	2	2	2	2	2	[3]	(3)	3 [4]	4	4	3	3	m bis h	m bis g
ritzt nicht . . .	b	a, c u. o	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ist weicher als	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Härte Nr. . . .	—	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	4	4	3·4	3
wird geritzt von	—	c	d	[c] [e]	[d u. f]	[g]	.	—	(h)	—	(k)	l, k, i [h]	m bis g [f]	n bis g [f]	[o u. n] m bis g
ist weicher als	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Härte Nr. . . .	—	3	3	3	3	3	(3) 4	5	[5] (4)	5	5	4	3·4	4	—
wird nicht ge-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ritzt von . . .	b	a	—	—	—	—	f	g	—	i h	i	e	—	—	.
ist härter als	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Härte Nr. . . .	—	2	2	2	2	2	—	3·4	—	—	—	3	2	[3]	3
Ist also nach	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mohs einzu-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ordnen . . . .	—	2—3	2—3	2—3	2—3	2—3	3—[4]	4	4—5	4—5	4—5	3—4	3	3—4	3

In dieser Tabelle ist auch der Schellack (mit Rücksicht auf meine Arbeiten) aufgenommen und erscheint weicher als

\*) Sonderbar ist nur, da S. 219, Z. 25 d. Mitth. der k. techn. Versuchsanstalten, Jahrgang 1890, Martens doch von der Bestimmung der Härte durch seine Ritzmethode „nach dem absoluten Maße“ spricht, was einen entschiedenen Widerspruch in sich schliesst, falls nicht bloß (wie ich glaube) das absolute Maß der Strichbreiten gemeint ist, welche beim Ritzen entstanden.

das Zinn, obwohl auch Martens sagt (S. 237): „Schellack und Zinn erweisen sich beim Ritzen mit ihren Ecken gegen ihre Flächen als gleich hart“; dies wäre nun bei schärferer Härtebestimmung, als das gegenseitige Ritzen ist, ganz gut möglich, stimmt aber mit dem von mir gemachten und S. 3, 2. Spalte, Jahrgang 1890 dieser Zeitschrift mitgetheilten Ritzversuche durchaus nicht.

Dass leicht Widersprüche zwischen den Härtezahlen und den Erscheinungen gegenseitiger Ritzung auftreten, dies zeigt Martens in nachstehender Tabelle.

Tabelle II.

Einordnung der Körper nach der Härte (Apparat IV), nach Mohs und nach der gegenseitigen Ritzung.

Nr.	Zusammensetzung	Härte	Mohs	Widersprüche der gegenseitigen Ritzung gegen die Härteordnung			
				Der Körper ist härter als		Der Körper ist weicher als	
				er ritzt	er wird nicht geritzt von	er ritzt nicht	er wird geritzt von
b	Sn	282	2-3	—	—	—	—
c	Cu Sn <sub>5</sub>	364	2-3	[d]	—	—	—
d	Cu Sn <sub>1</sub>	378	2-3	[e]	—	—	—
e	Cu Sn <sub>3</sub>	300 u. 446	2-3	[f]	—	—	(c)
f	Cu Sn <sub>2</sub>	218 u. 487	2-3	(g)	—	—	[d]
g	Cu Sn	— u. 625	3-4	—	—	—	—
p	Cu <sub>25</sub> Sn	675	3	[n o]	—	g	[f] g
n	Cu <sub>15</sub> Sn	780	3	—	—	—	[f] g
o	Cu <sub>20</sub> Sn	816	3-4	—	—	—	e) [f] g p n
m	Cu <sub>10</sub> Sn	825	3-4	—	—	—	—
h	Cu <sub>2</sub> Sn	830	4	—	—	—	—
l	Cu <sub>5</sub> Sn	1000	4-5	—	i	—	—
k	Cu <sub>1</sub> Sn	1020	4-5	i	i	—	—
i	Cu <sub>3</sub> Sn	1100	4 5	—	—	—	(h)

NB. In Tabelle I und II ist die ( ) gleichbedeutend mit dem Zusatz „kaum“ und [ ] bedeutet „schwach“.

Zum Schlusse sei noch eine dritte Tabelle eingefügt, welche die Härtezahlen mehrerer bekannter Materialien liefert.

Tabelle III.

Zusammenstellung der Härte mehrerer Metalle.

Versuchsreihe	Blei	Zinn	Zink	Kupfer	Messing	Nickel	Stahl weich	Glas	Stahl hart	bestimmt mit
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
Härtezahlen nach Martens	168	234	426	343 398	447 528	— 557	708 765	— 1355	1410 1375	Apparat I-IV Apparat I-IV
Der Körper ritzt und wird geritzt von . . .	—	a	b u. d	b u. e	d	e	f	g	h	Der Unterschied zwischen Zink und Kupfer war gering.
Nach Mohs (Leunis)	1 1/2	—	—	3	—	—	4-5	5-5.5	6-6.5	

Es wäre diese Tabelle durch die Härtezahlen für Gyps, Kalkspath, Flusspath, Apatit, Feldspath und Quarz zu vermehren gewesen, damit ein noch deutlicheres Bild über die Beziehung der Martens'schen Ritzmethode als Härtebestimmung und der mineralogischen Härteskala hätte gewonnen werden können. Bei den reichen Mitteln und Kräften der k. techn. Versuchsanstalt in Berlin würde diese Ergänzung wohl keine Schwierigkeiten bieten.

Prag, im Jänner 1891.

Prof. Friedr. Kick.

**Berichtigung.** In dem in Heft IV des Jahrganges 1890 dieser Zeitschrift veröffentlichten Aufsätze des Herrn Adler: „Graphische Auflösung der Gleichungen der ersten vier Grade“ sind einige bei der Revision stehen gebliebene Fehler zu berichtigen, u. zw.:

- Seite 150 Gleichung 3 soll lauten:  $\rho = \sqrt{\left(m + \frac{a^2}{16}\right)^2 + \left(n - \frac{a}{4}\right)^2} - d$
- „ 151, linke Spalte, Zeile 2 v. u., soll heißen:  $z = -1.200$  anstatt  $z = -0.120$ .
- „ 151, rechte „ „ 1 v. o., soll stehen:  $x = 5z - \frac{a}{4} = -6.000$  anstatt  $x = 5z - \frac{a}{4} = -0.600$ .
- „ 151, „ „ 7 v. o., „ „  $z = -1.000$  anstatt  $z = +0.500$ .
- „ 151, „ „ 8 v. o. „ „  $x = z - \frac{a}{4} = -1.000$  anstatt  $x = z - \frac{a}{4} = 0.500$ .



Fig. 1. SCHNITT DURCH DIE LÄNGACHSE DER SCHLEUSE.

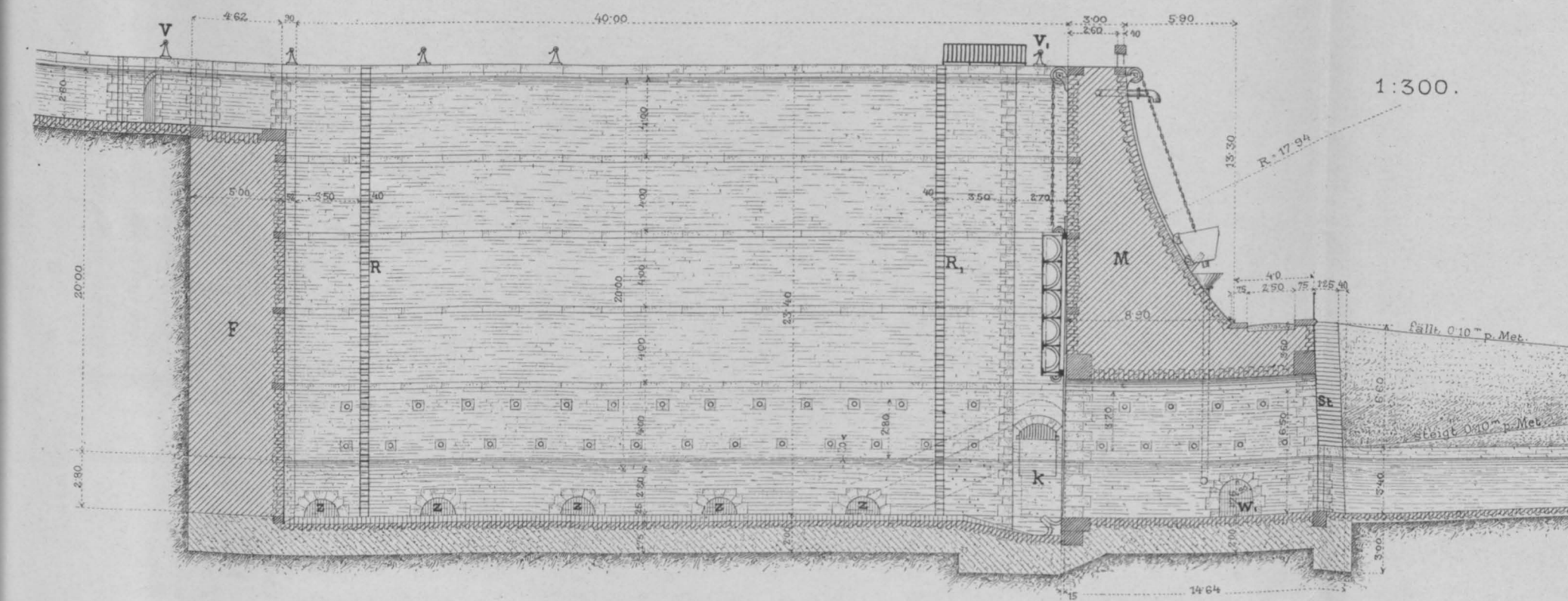


Fig. 2. DRAUFSICHT.

1:300.

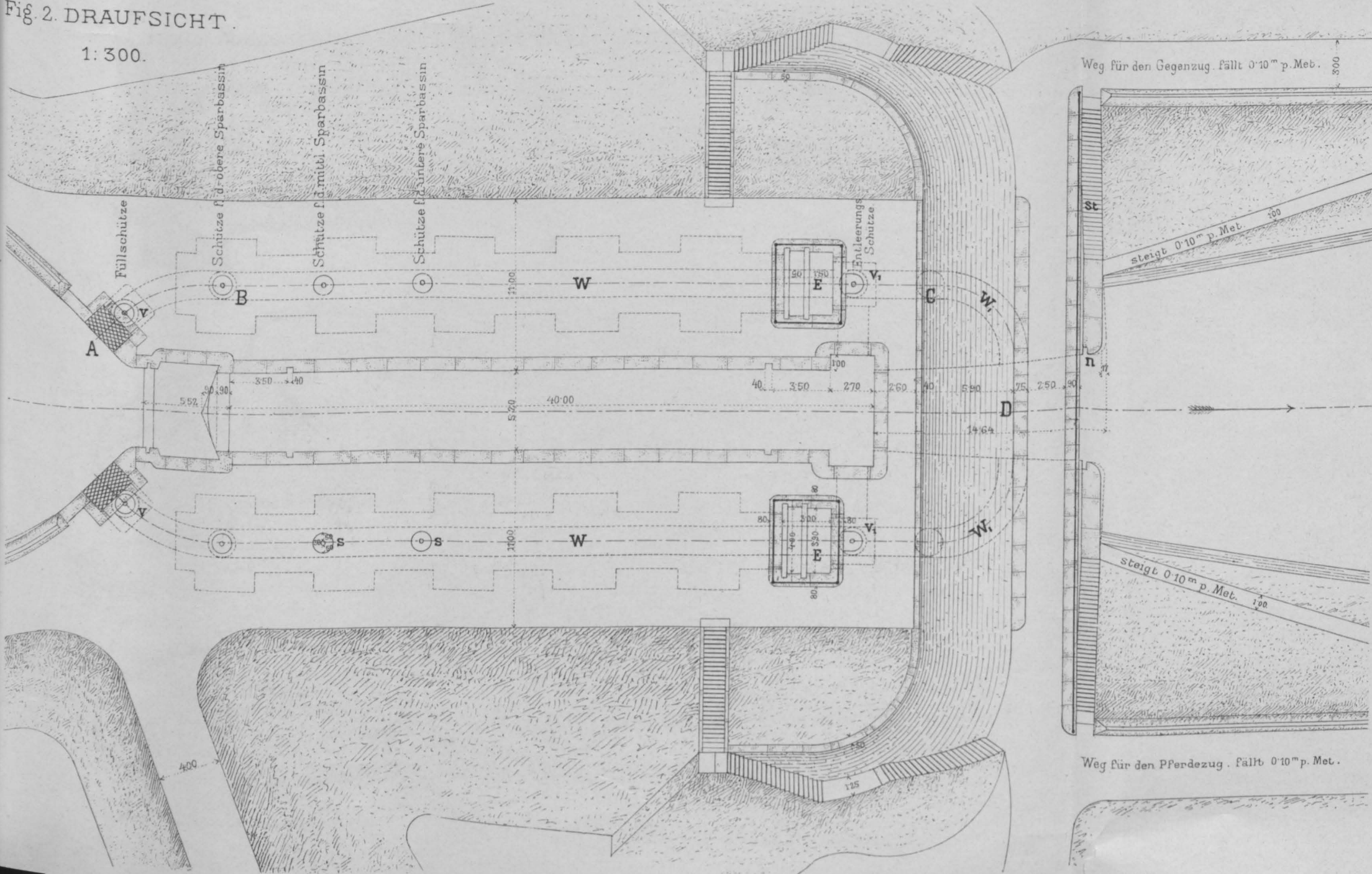


Fig. 3. ANSICHT DES UNTEREN SCHLEUSENHAUPTES.

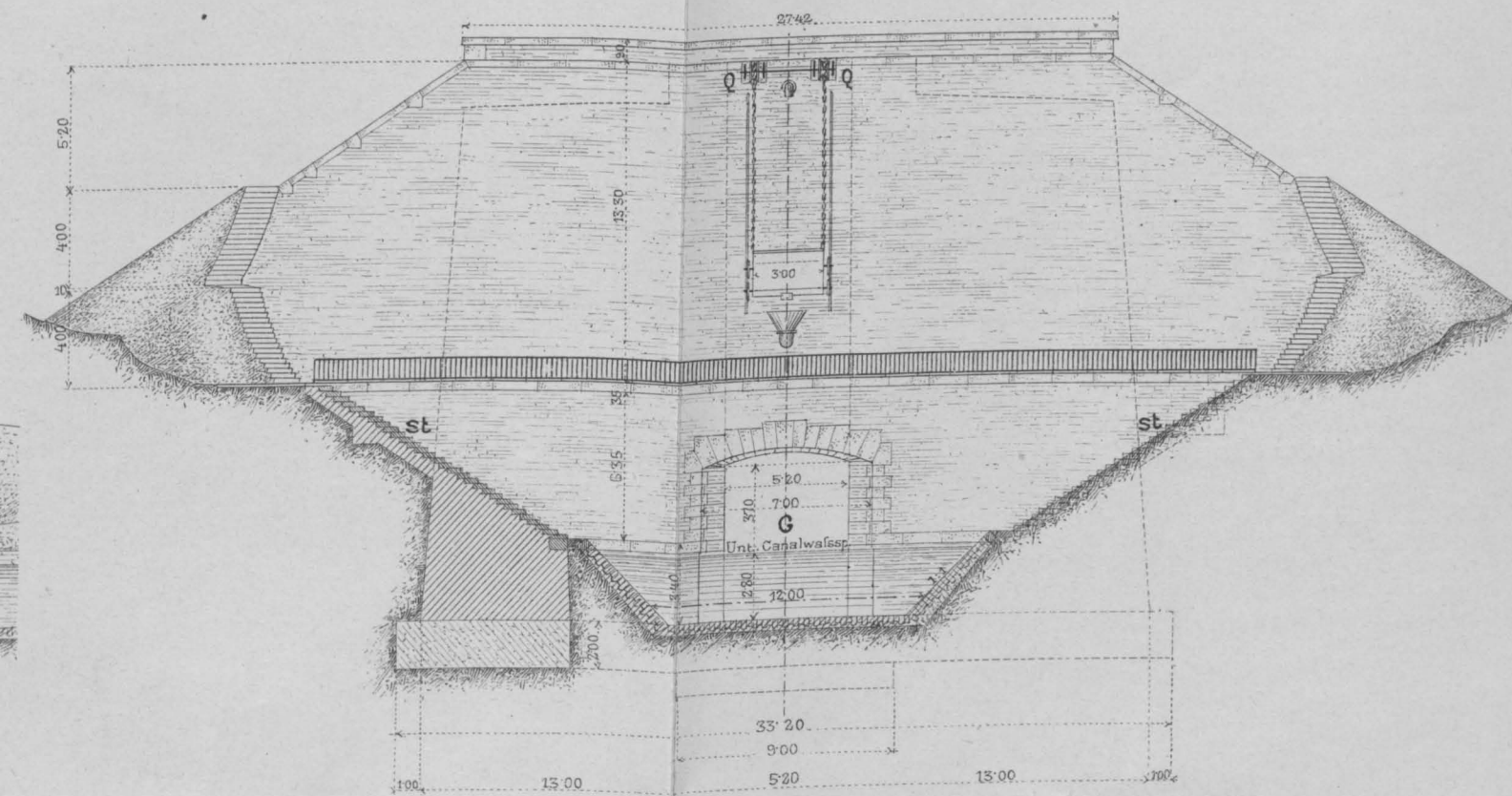


Fig. 4.

SITUATIONS-PLAN.

1:1000.

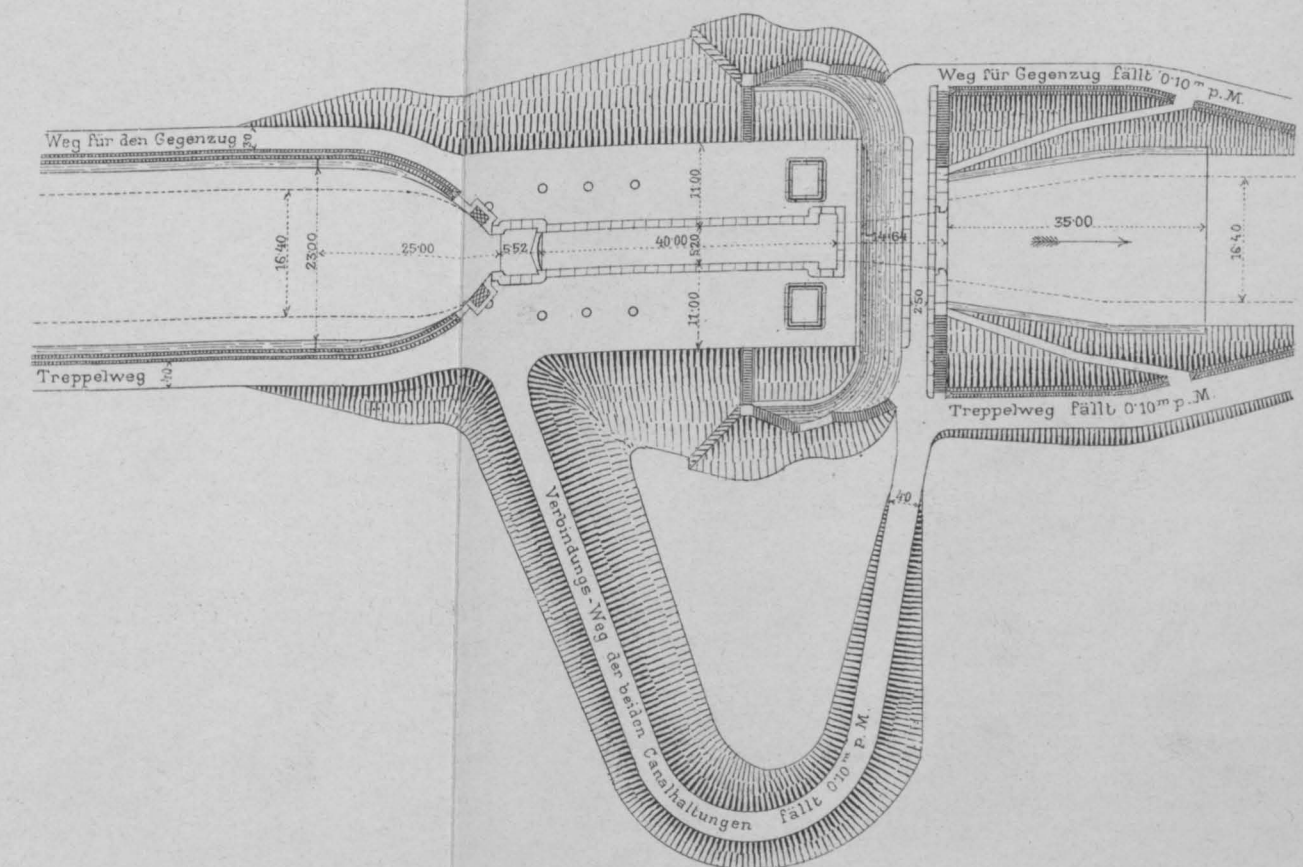




Fig. 1. SCHNITT ABCD.

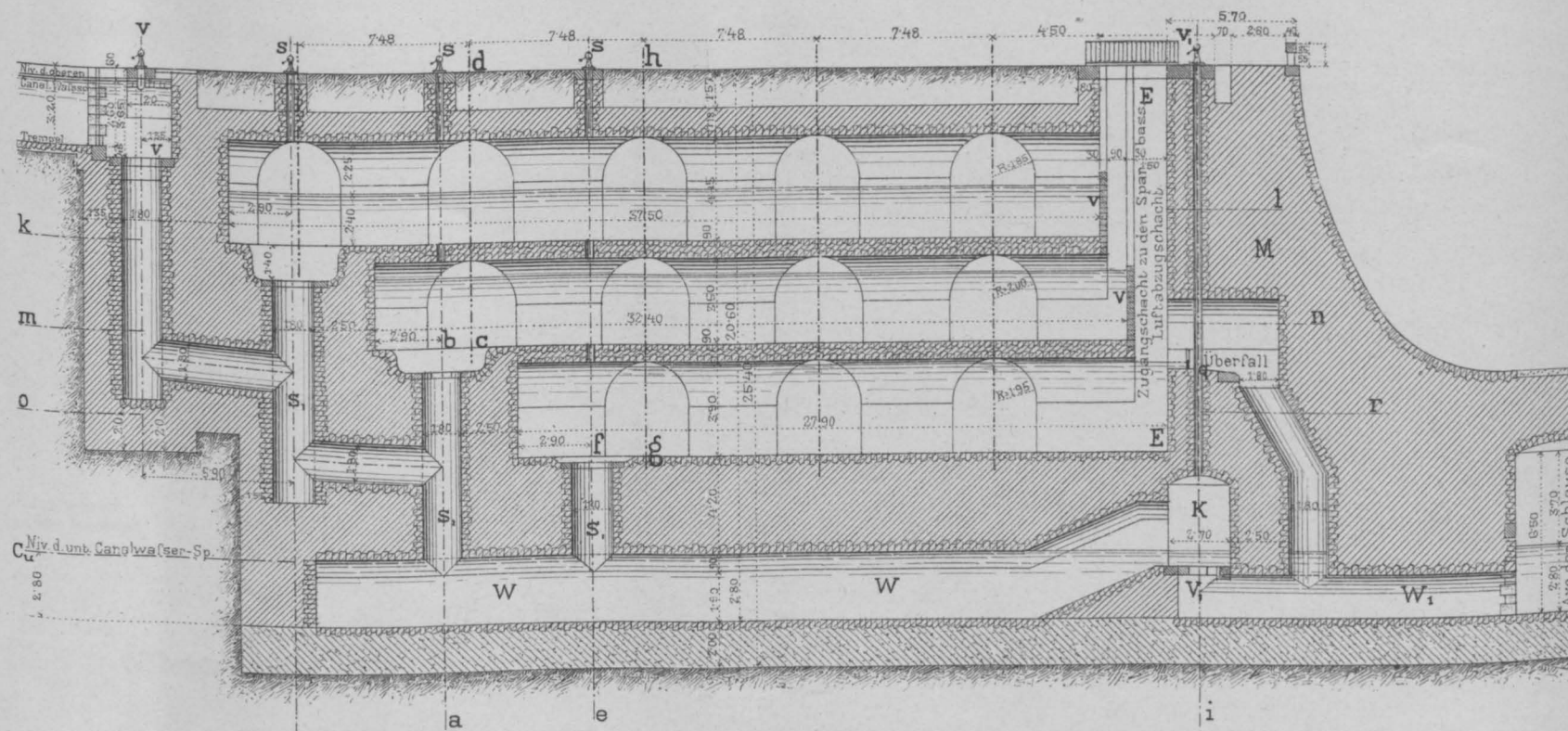


Fig. 5. SCHNITT abcd.

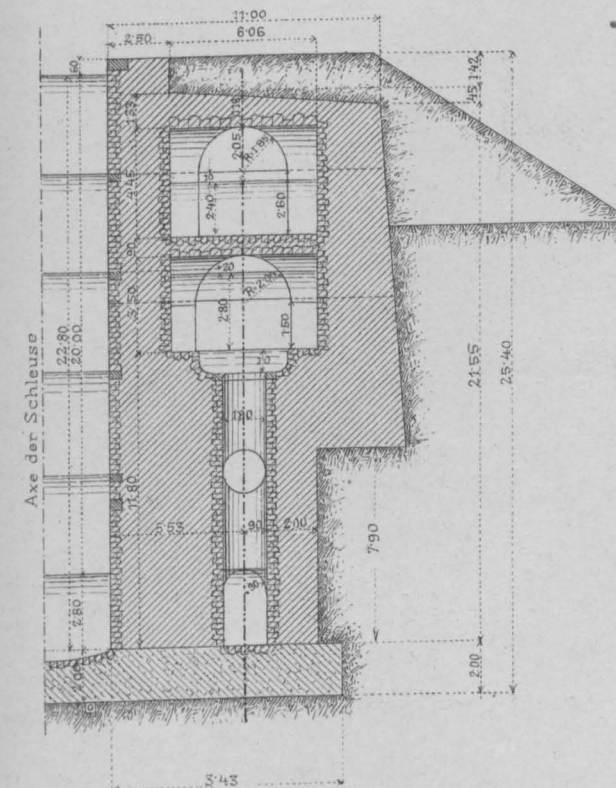


Fig. 7. SCHNITT ij.

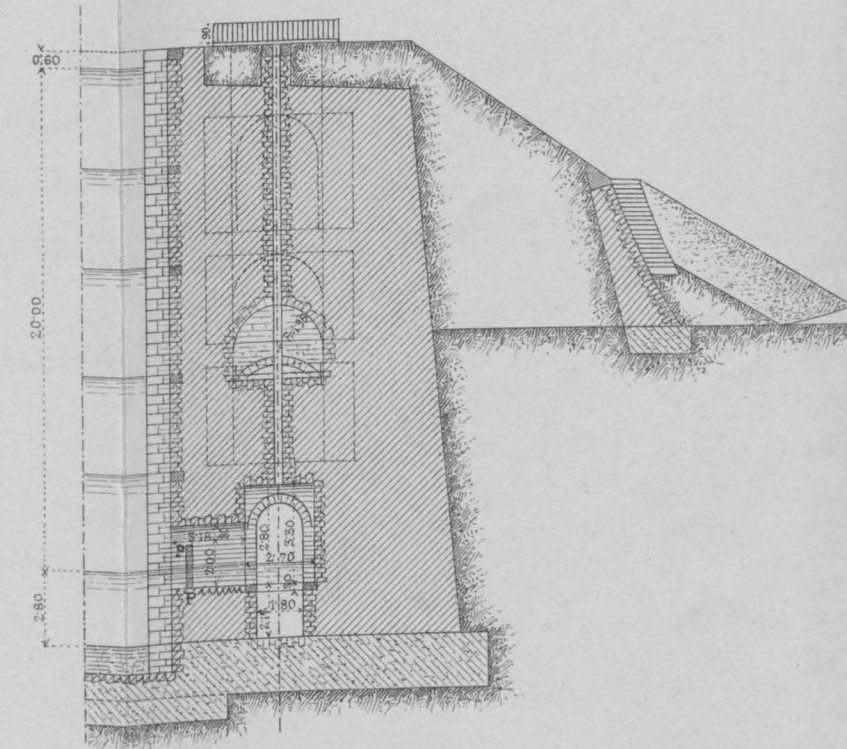


Fig. 2. SCHNITT kl.

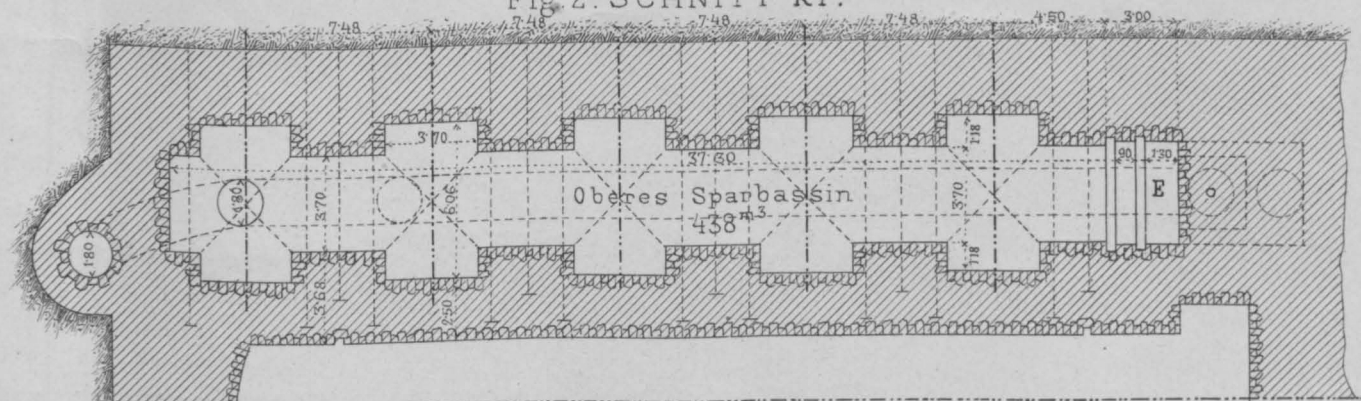


Fig. 3. SCHNITT m n

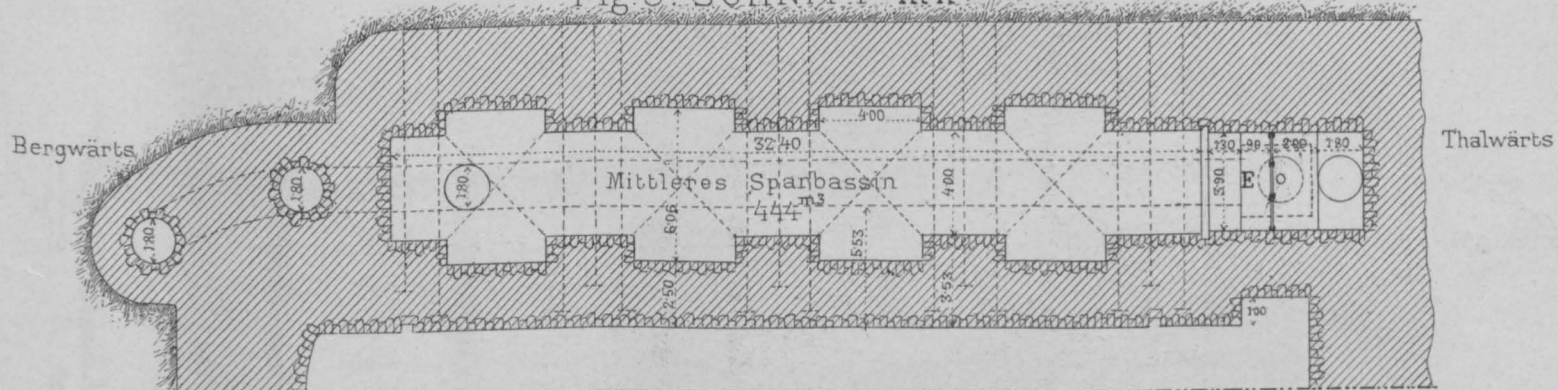


Fig. 4. SCHNITT or

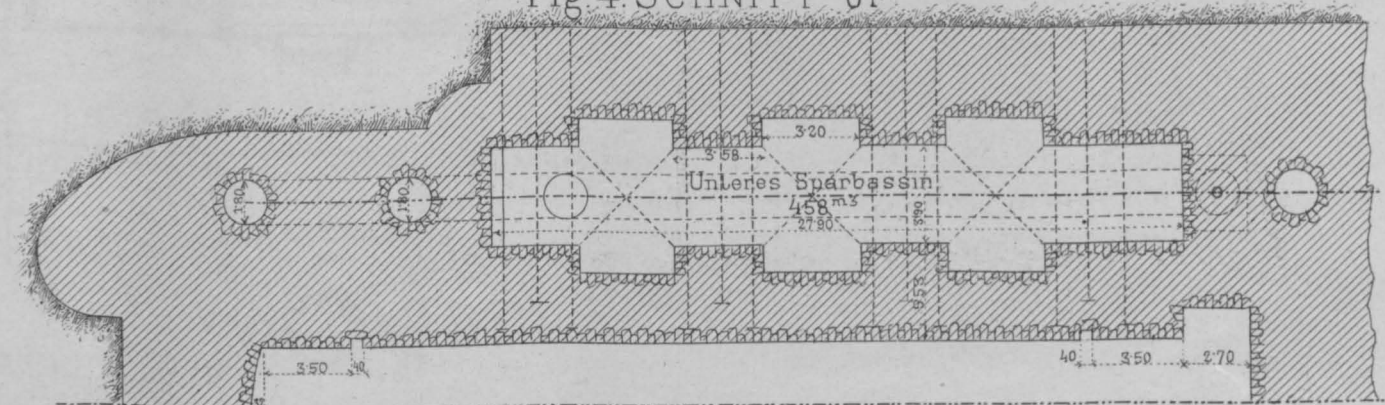
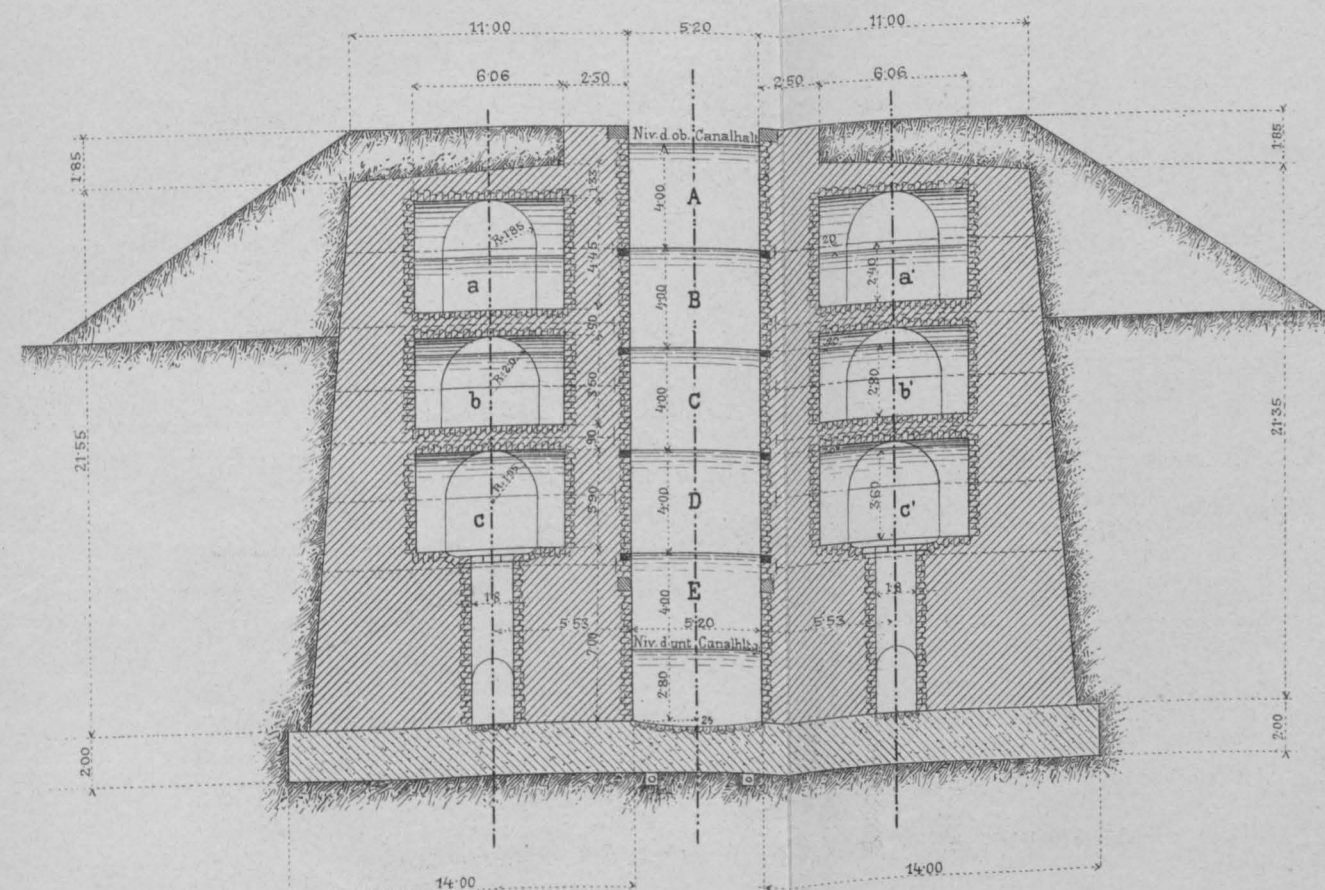


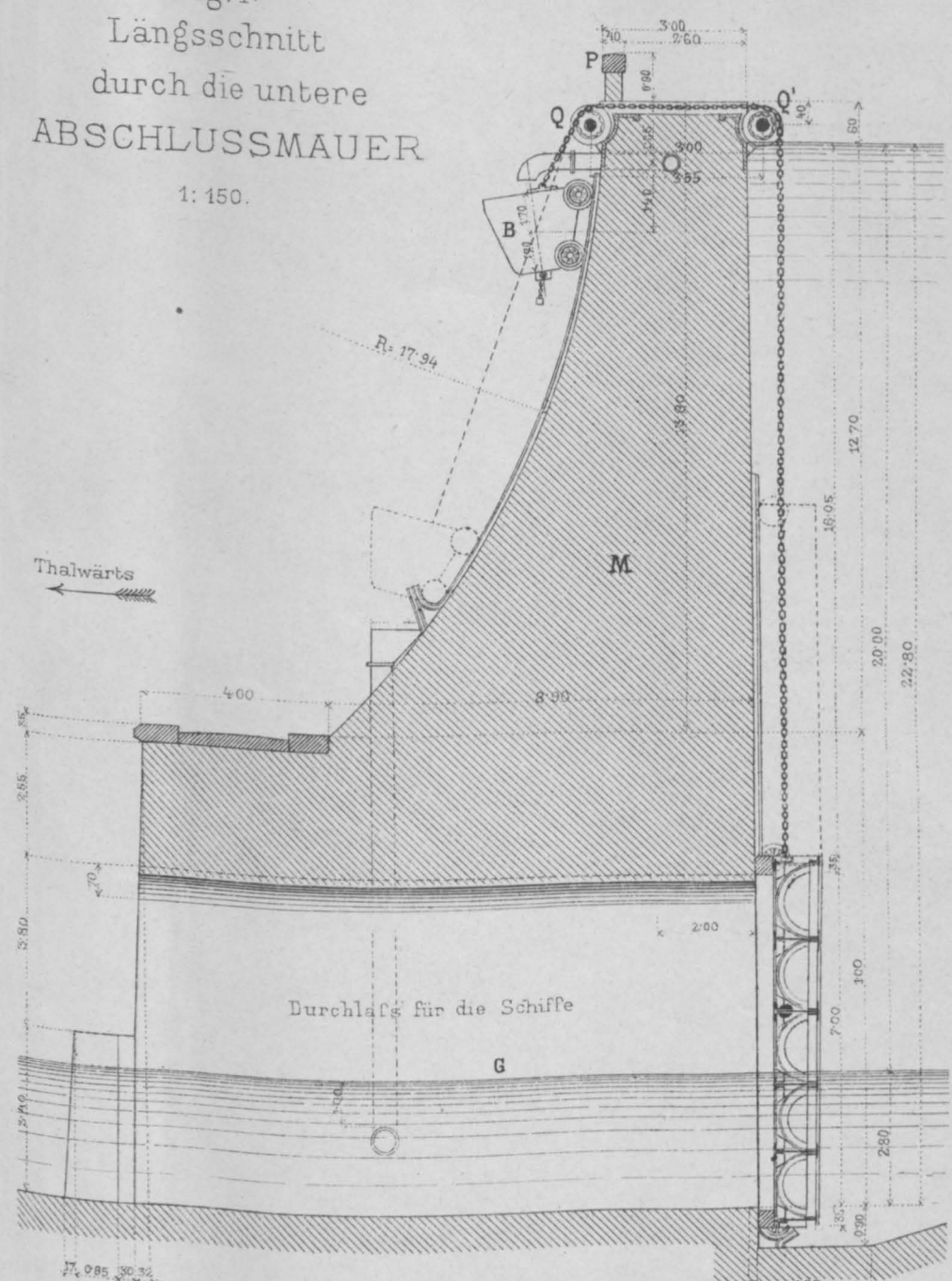
Fig.6.  
SCHNITT e f g h.





# PROJECT EINER SCHLEUSE FÜR 20<sup>m</sup> GEFÄLLE.

Fig. 1.  
Längsschnitt  
durch die untere  
ABSCHLUSSMAUER  
1:150.



Ansicht Fig. 8 Ansicht  
der bergwärts gelegenen der thalwärts gelegenen  
Thorfläche. 1:60. Thorfläche.

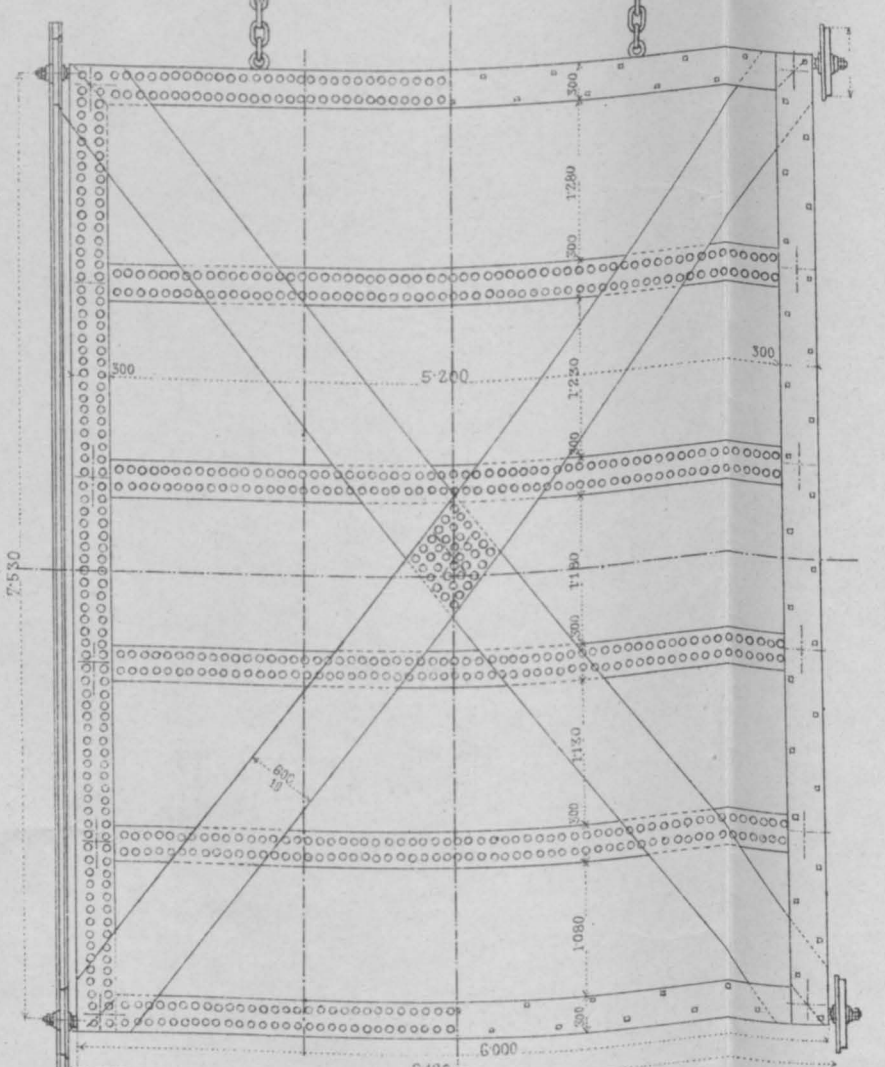


Fig. 11.  
Schnitt nach  
CD. 1:60.

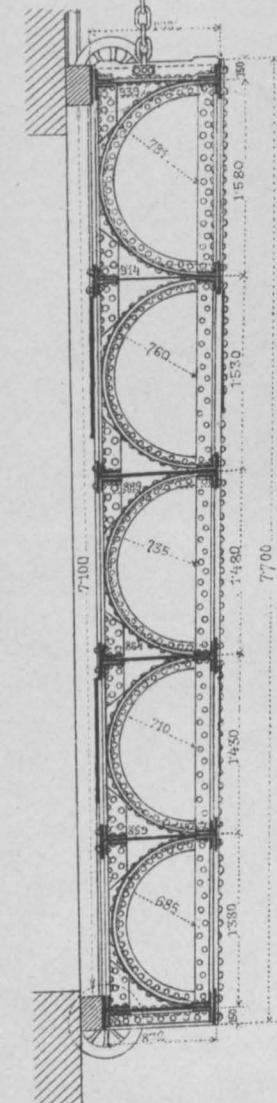


Fig. 12.  
Schnitt d. d. mittl. Feld. 1:20.

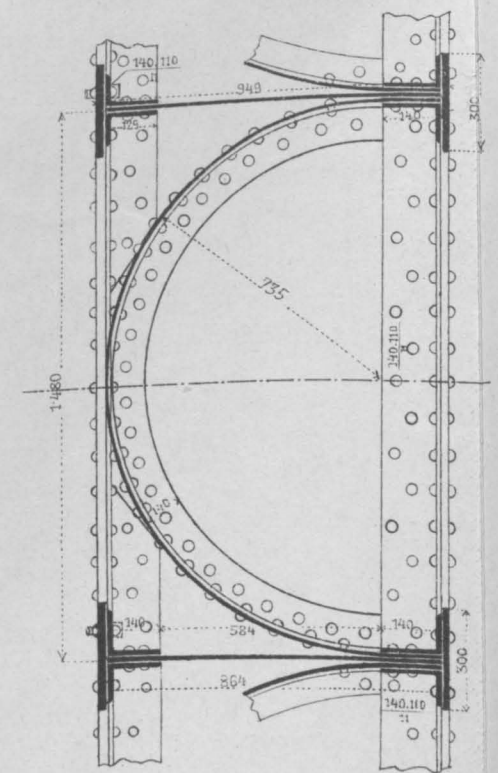


Fig. 13.  
Vertikalschnitt (durch d. Axe) mm.  
GESCHLS. SCHÜTZE.

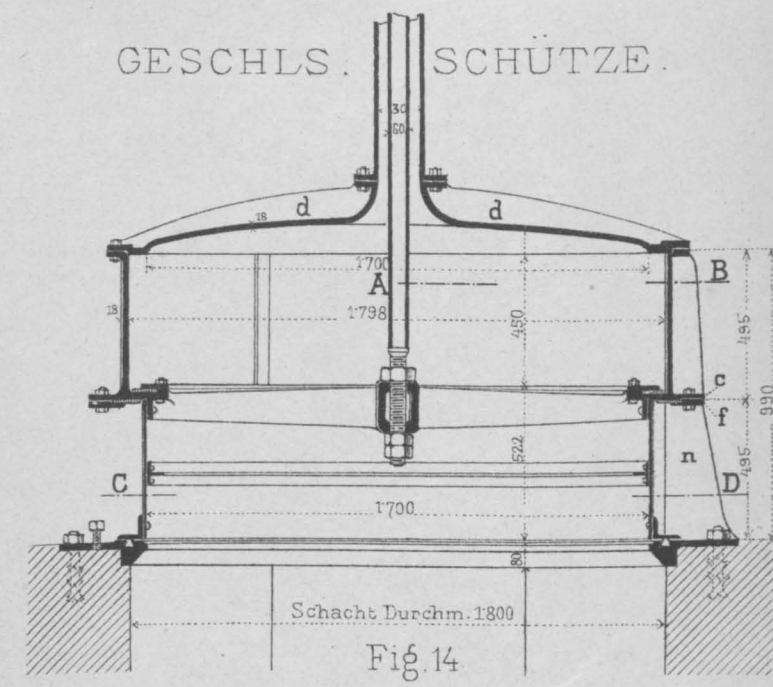


Fig. 14  
Vertikalschnitt.  
OFFENE SCHÜTZE.

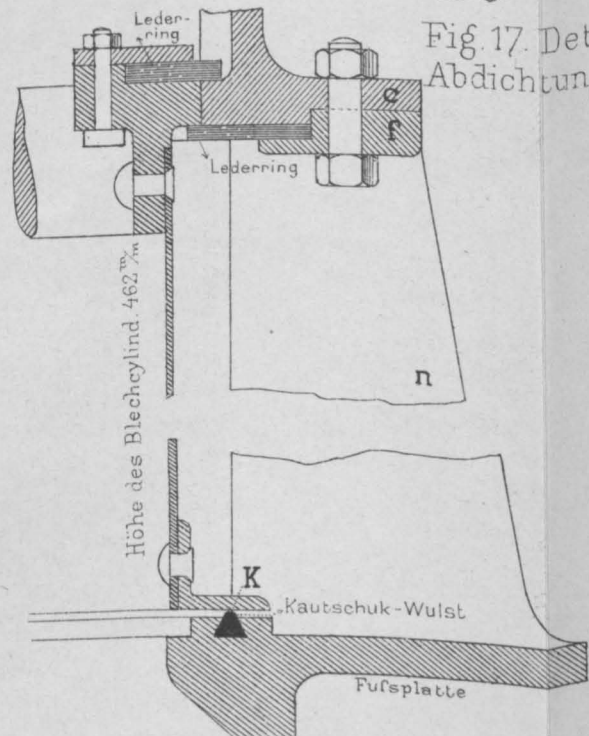
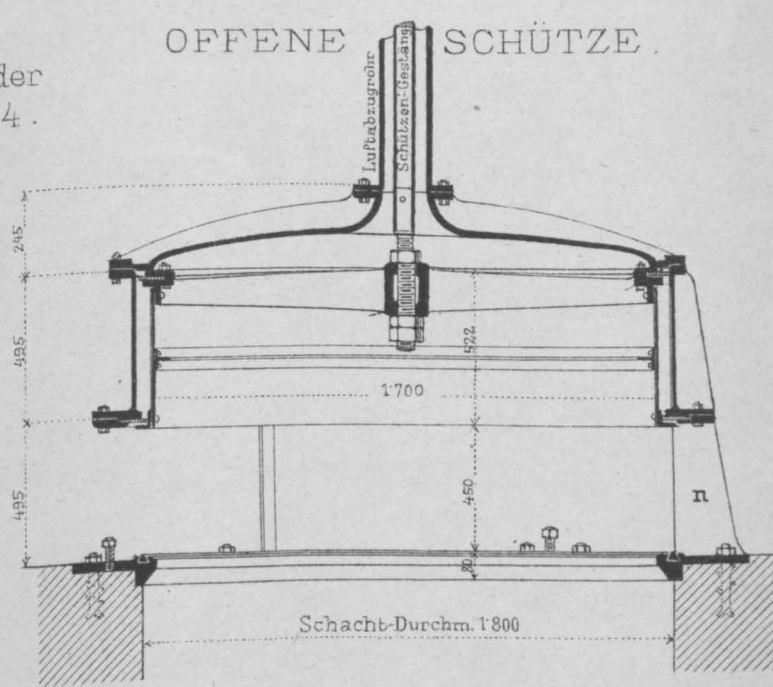


Fig. 17. Detail der  
Abdichtung. 1:4.

Fig. 2-4 GEGENGEWICHTS-BEHÄLTER. 1:40.  
Fig. 2. Schnitt ABCD.

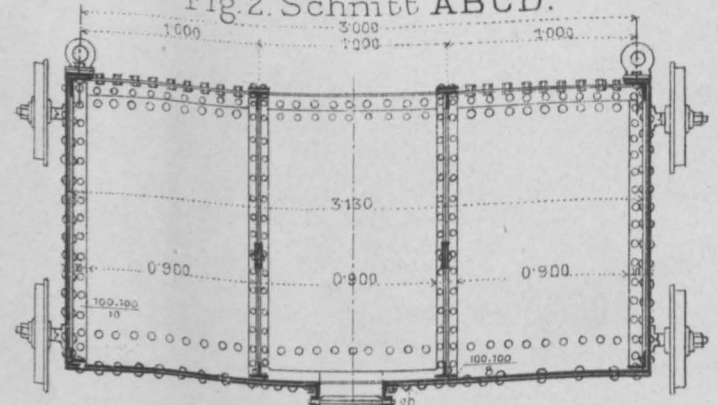


Fig. 4. Schnitt EF.

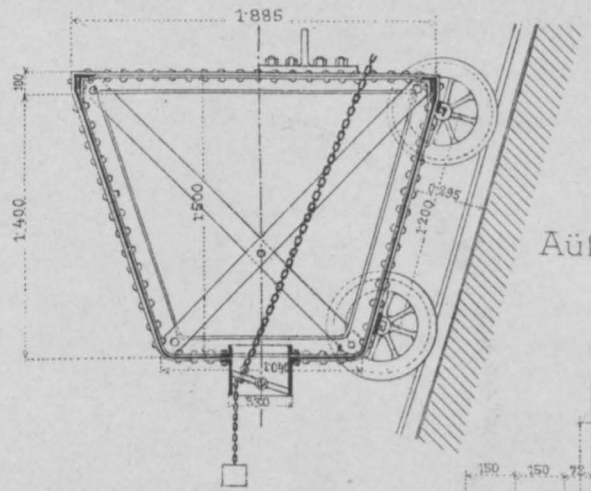


Fig. 5. Innere Rollen Q'.

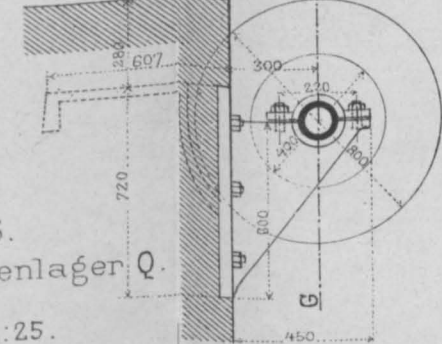


Fig. 6.  
Äußeres Rollenlager Q.  
1:25.

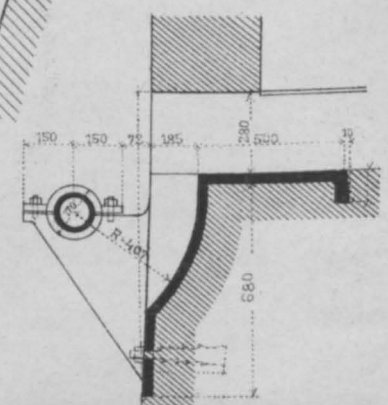
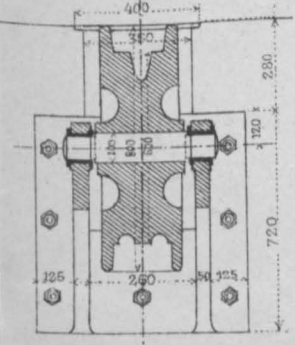
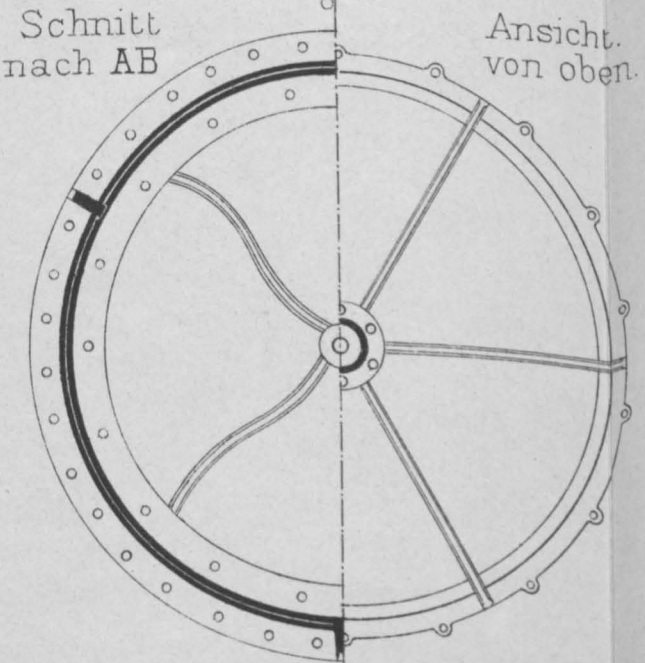


Fig. 7. Schnitt GH. Rolle Q'.



Schnitt  
nach AB



Ansicht.  
von oben.

Fig. 16.  
Schnitt nach CD.

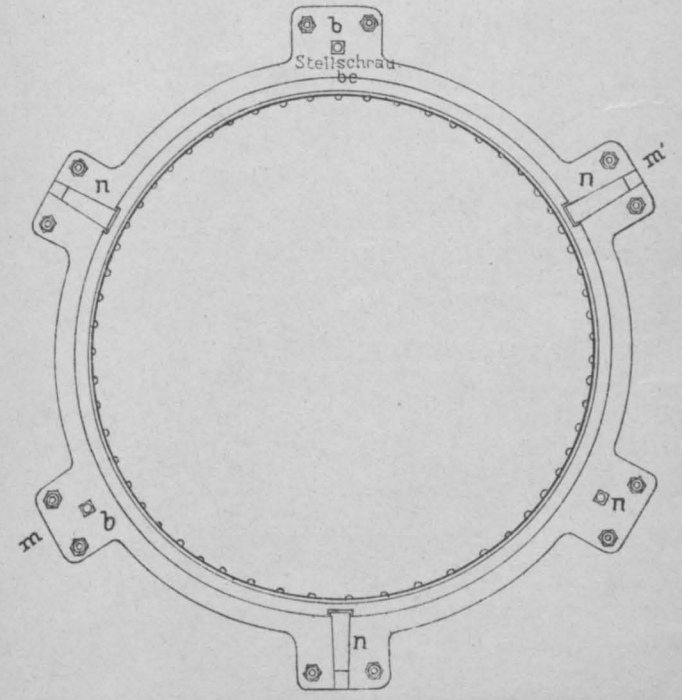




Fig. 1. SEITEN-ANSICHT.

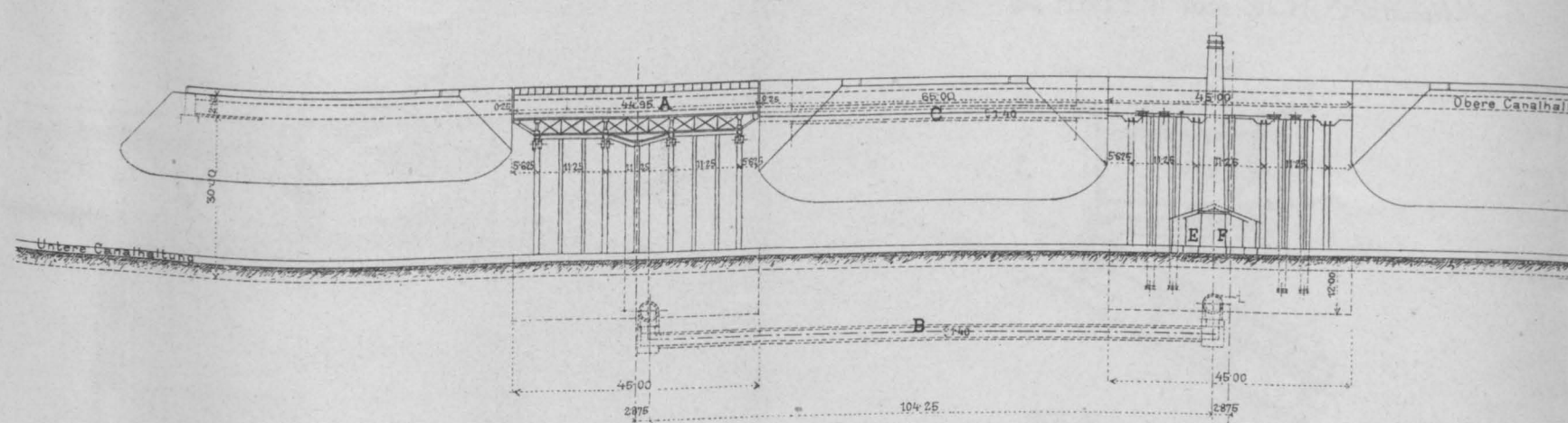


Fig. 2. ANSICHT von OBEN.

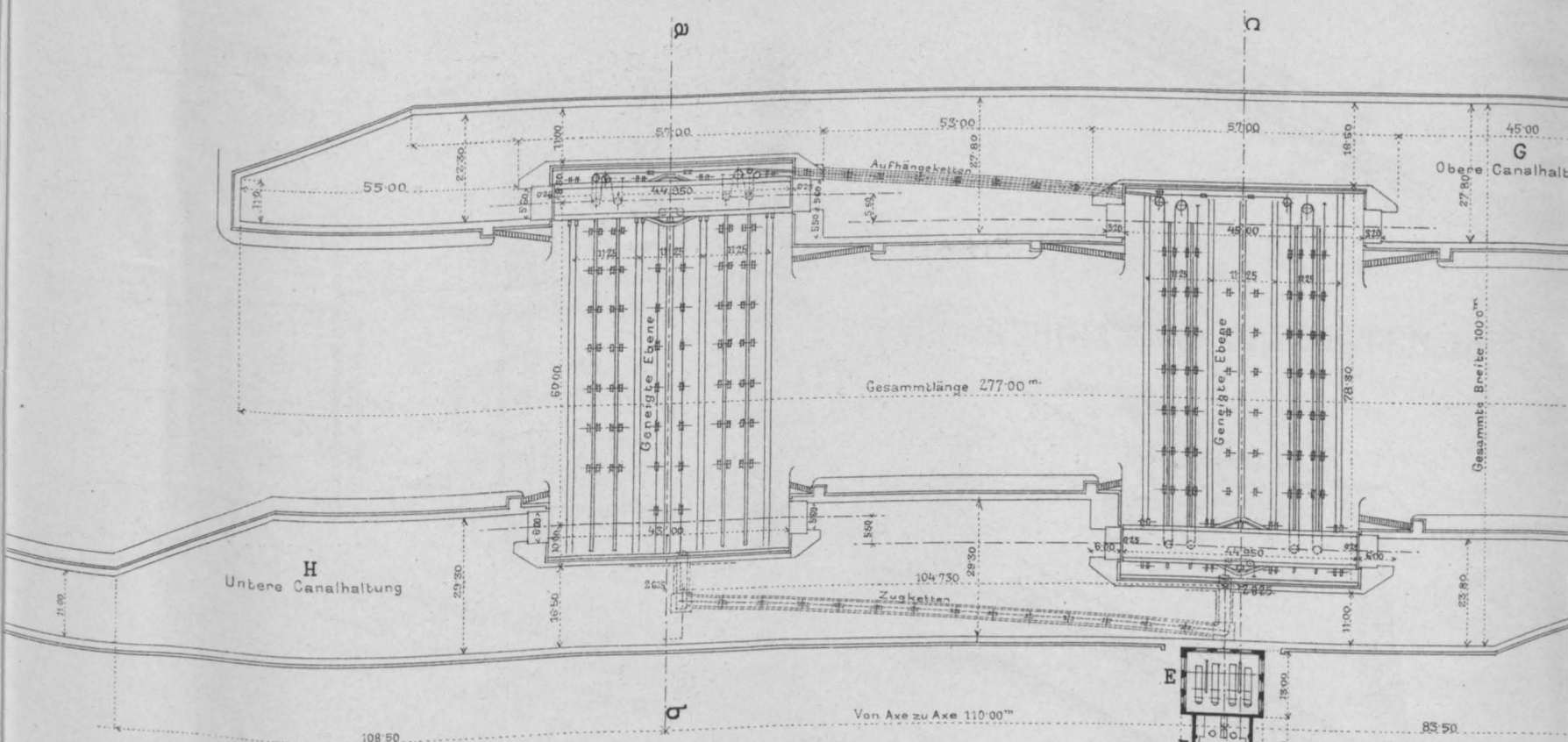


Fig. 3. SCHNITT ab.

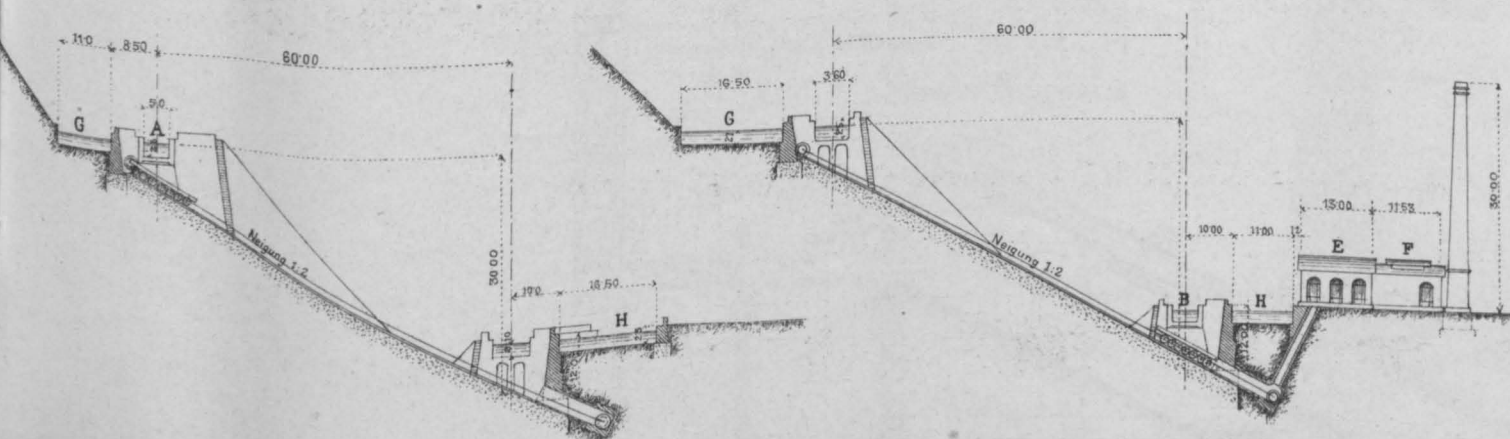
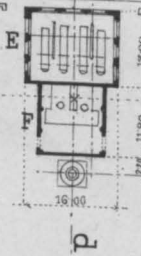


Fig. 4. SCHNITT cd.



- A Abwärts gehende Schiffskammer
- B Aufwärts "
- C Aufhänge-Ketten
- D Zug
- E Maschinen-Haus
- F Kessel
- G Obere Canalhaltung
- H Untere

Fig. 6 u. 7. ZUGKETTEN - GLIEDER.

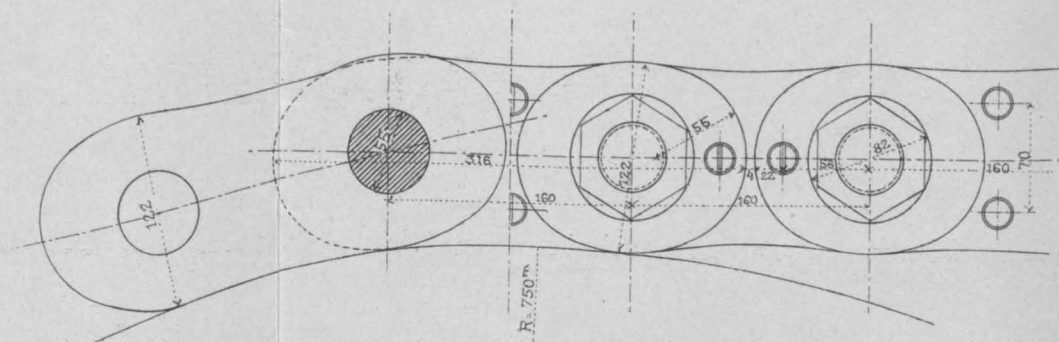


Fig. 7.

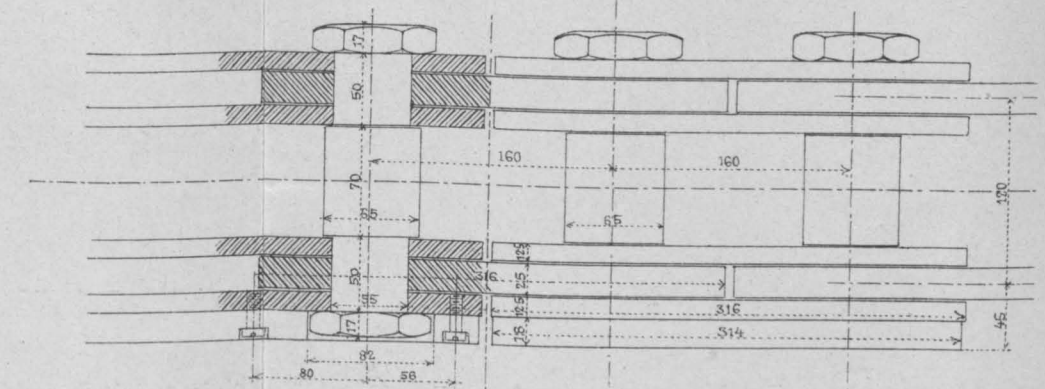


Fig. 8 u. 9. AUFHÄNGEKETTEN - GLIEDER.

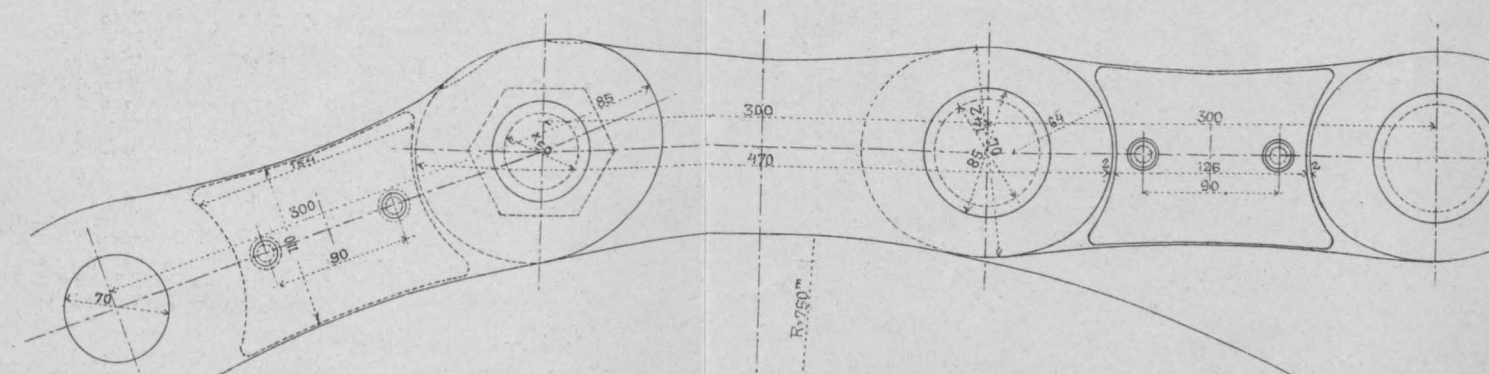


Fig. 9.

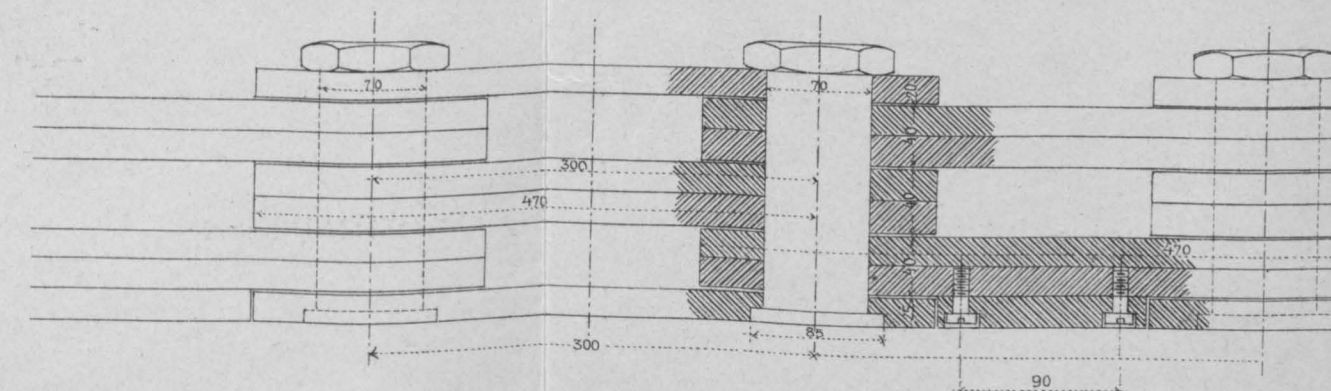


Fig. 5. QUERSCHNITT DURCH DIE GENEIGTE EBENE.

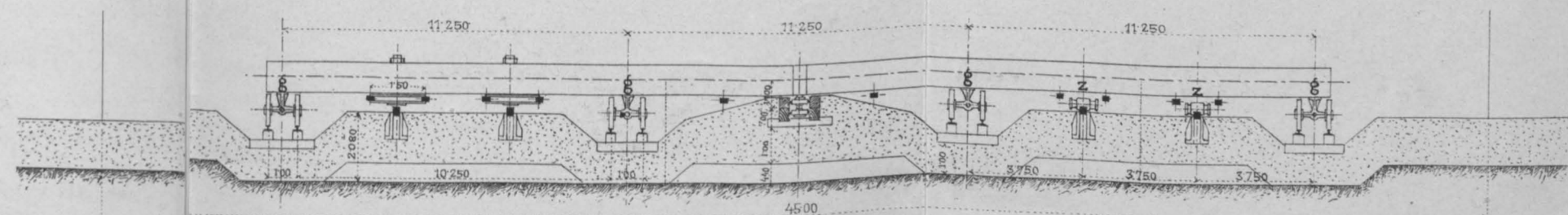
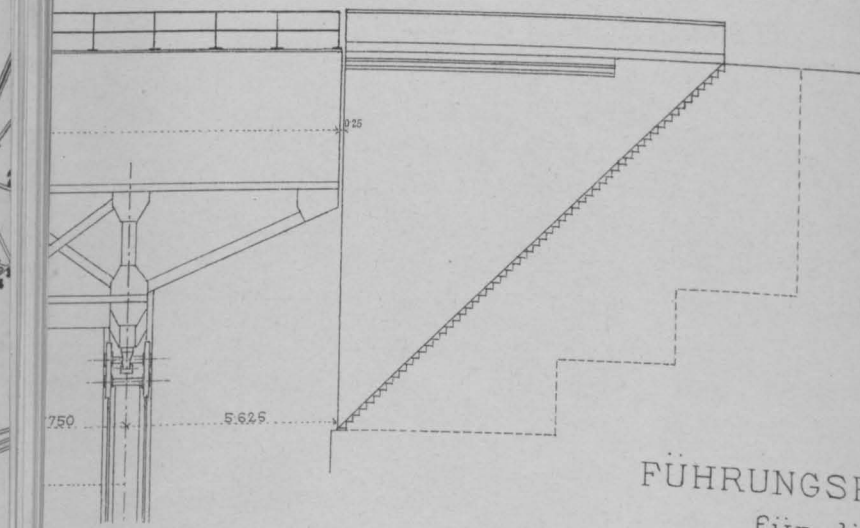




Fig. 4. QUERSCHNITT DER SCHIFFSKAMMER.



FÜHRUNGSROLLEN  
für die  
SCHIFFSKAMMER.

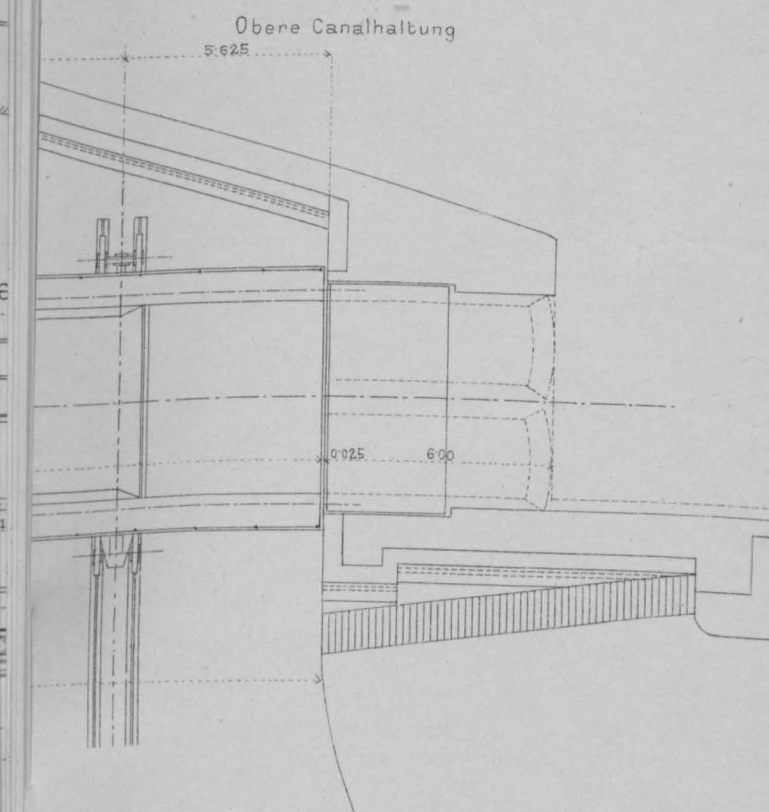


Fig. 6.

LÄNGENSCHNITT DER GENEIGTEN EBENE

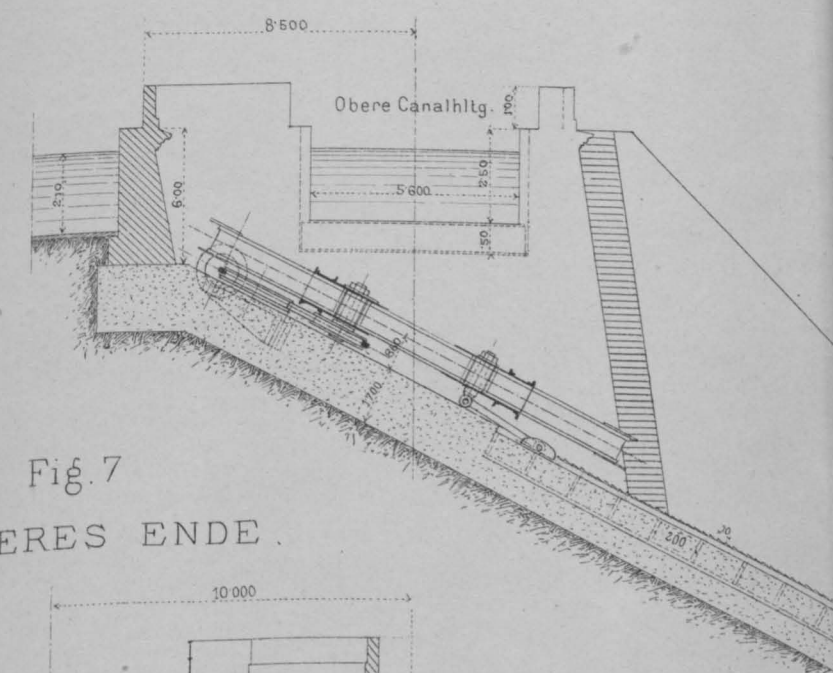
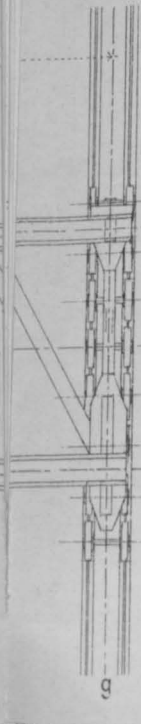


Fig. 7

UNTERES ENDE.

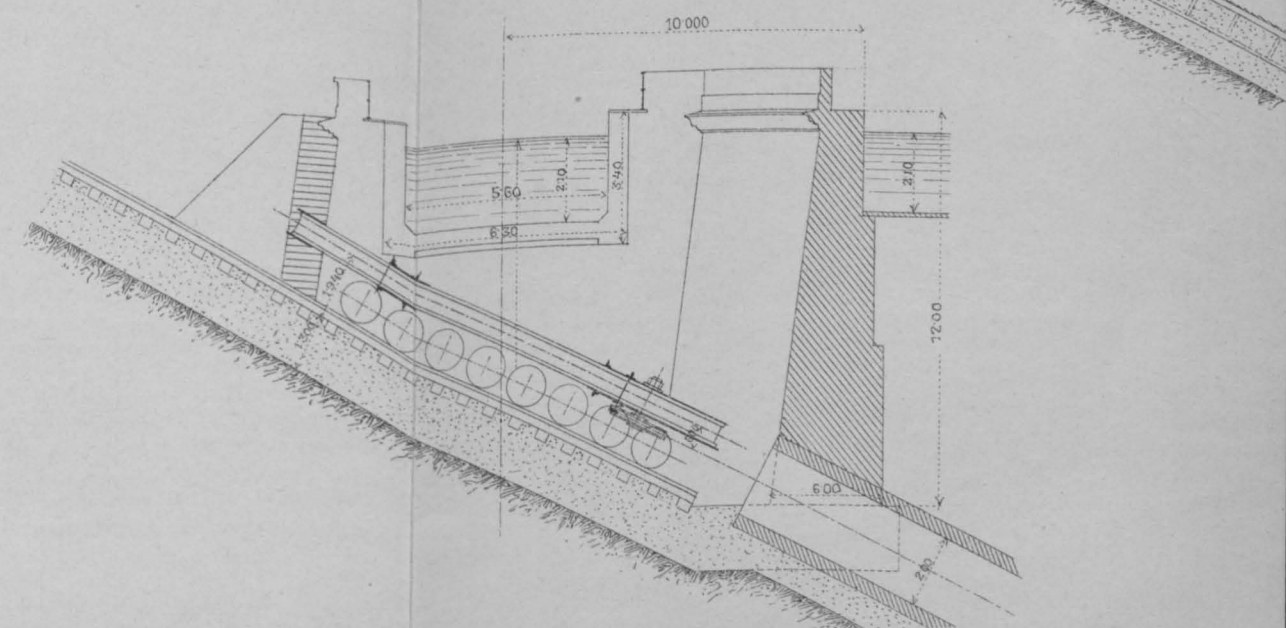




Fig.1. SITUATIONSPLAN. 1:30000.

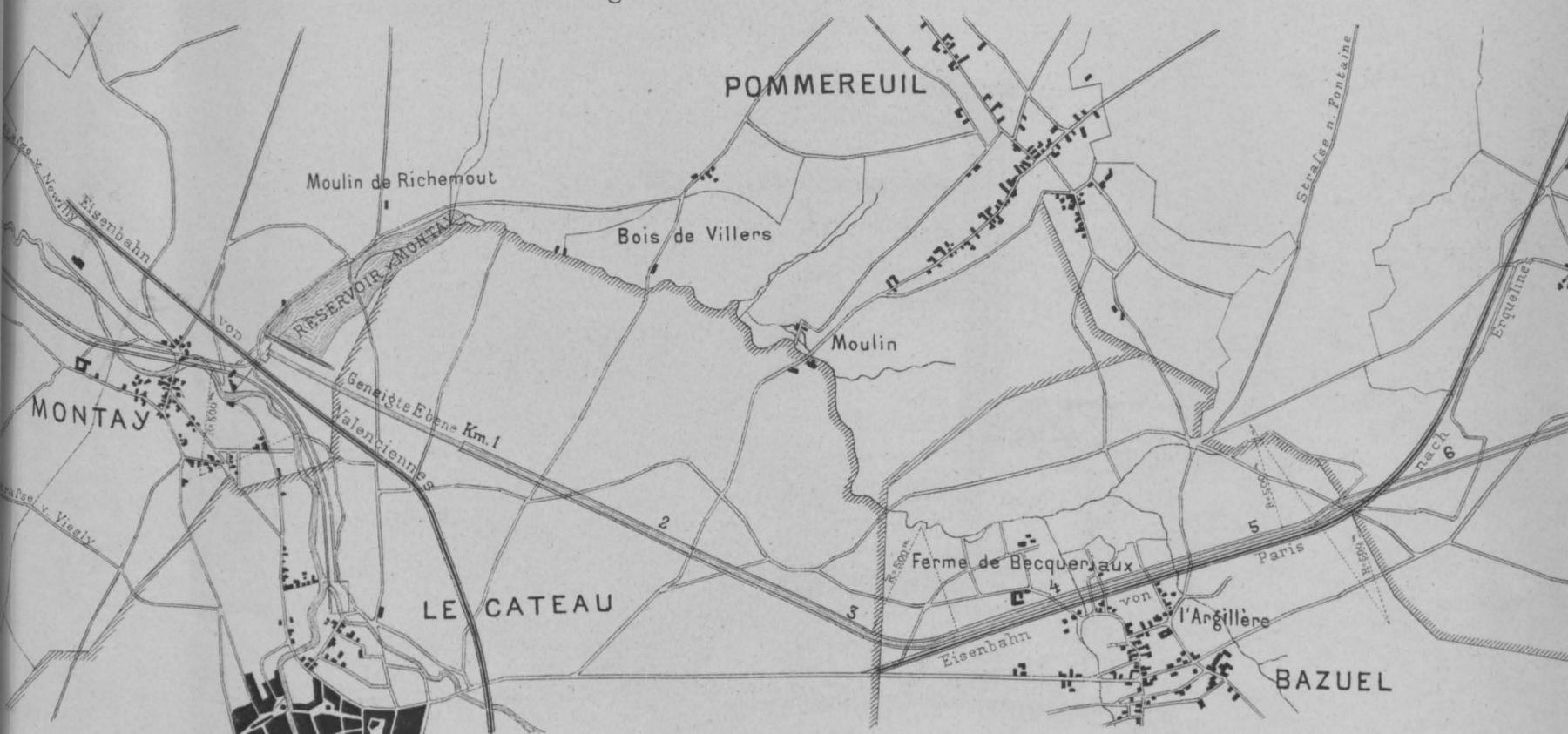


Fig.6-11. FESTER AQUADUKT

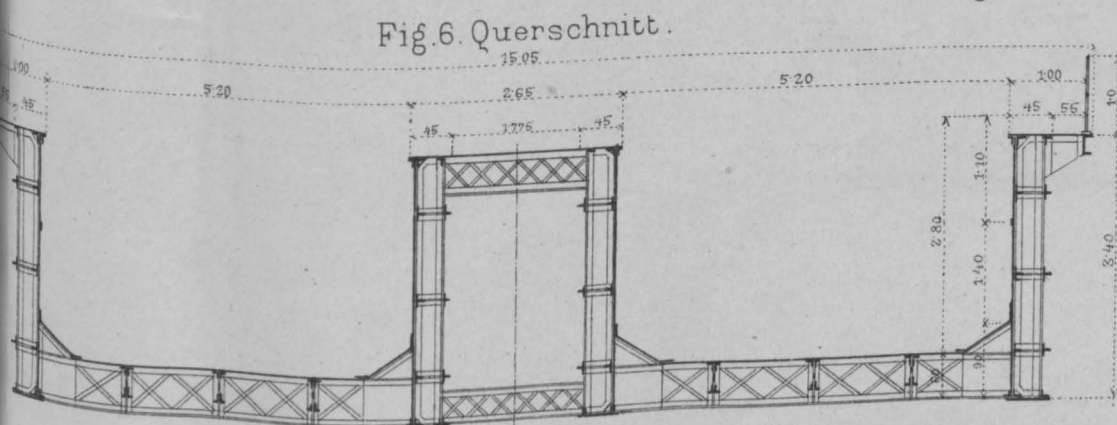


Fig.6. Querschnitt.

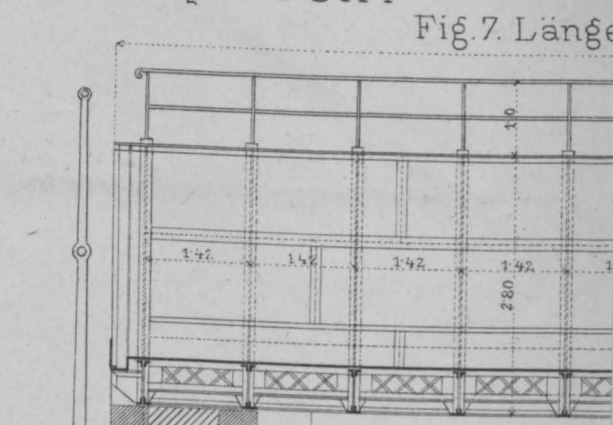


Fig.7. Länge

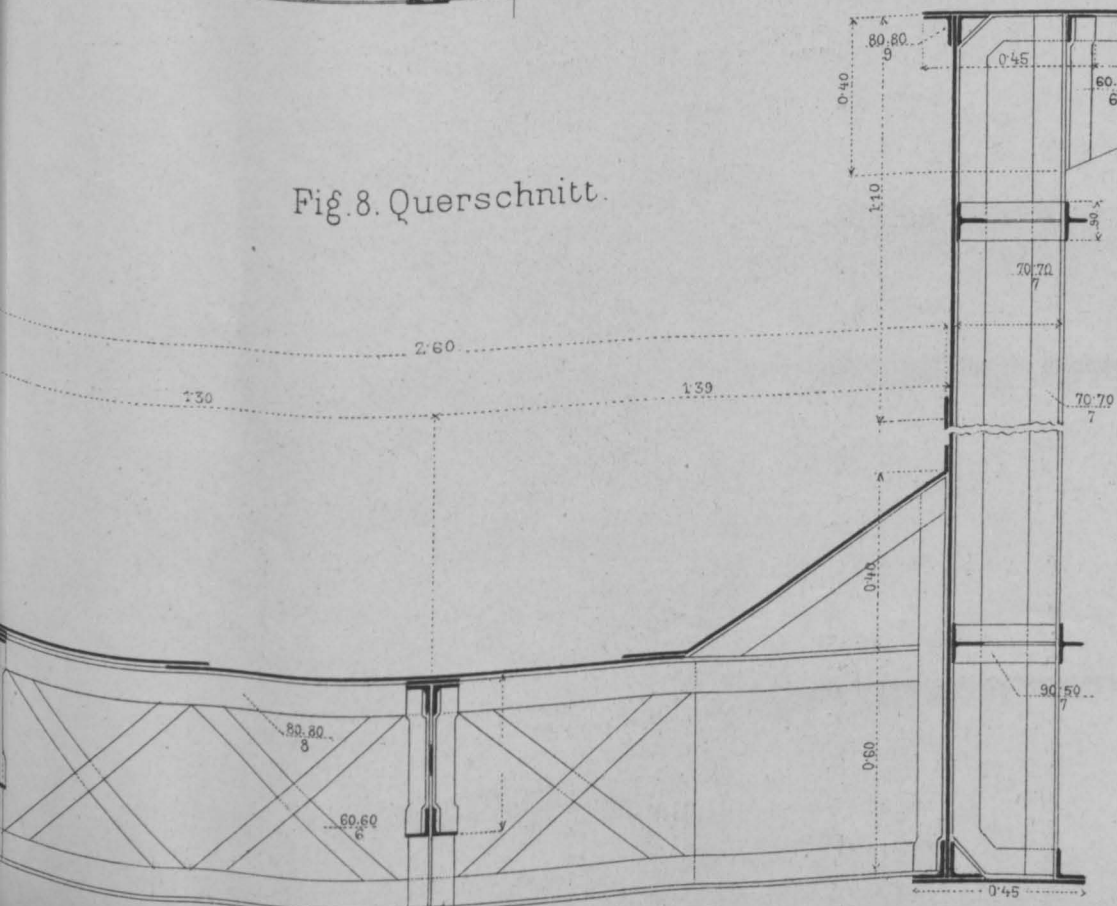


Fig.8. Querschnitt.

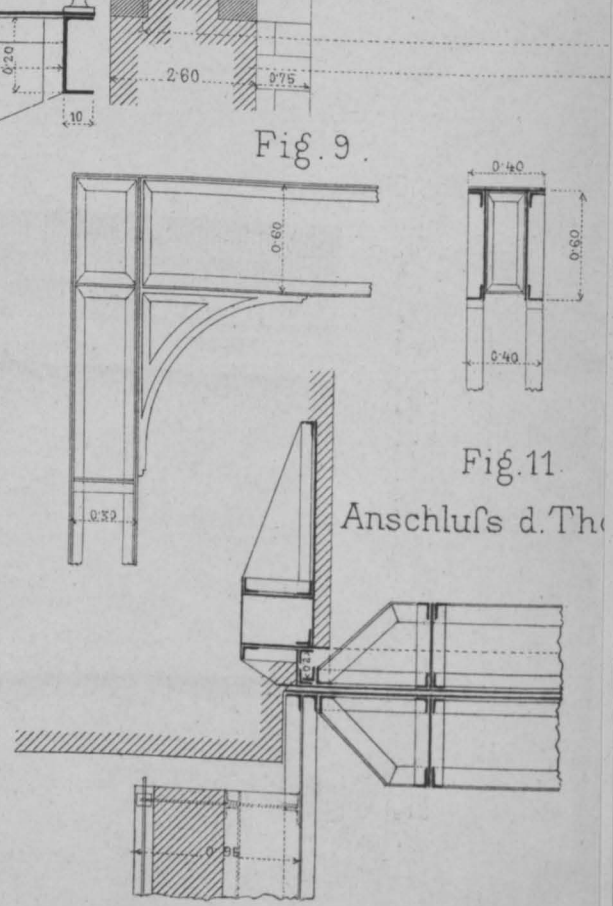


Fig.9.

Fig.11. Anschluß d. Theore

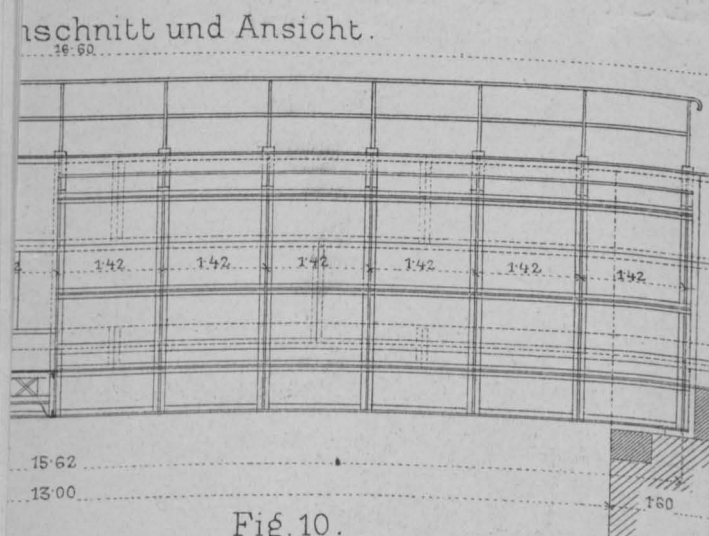
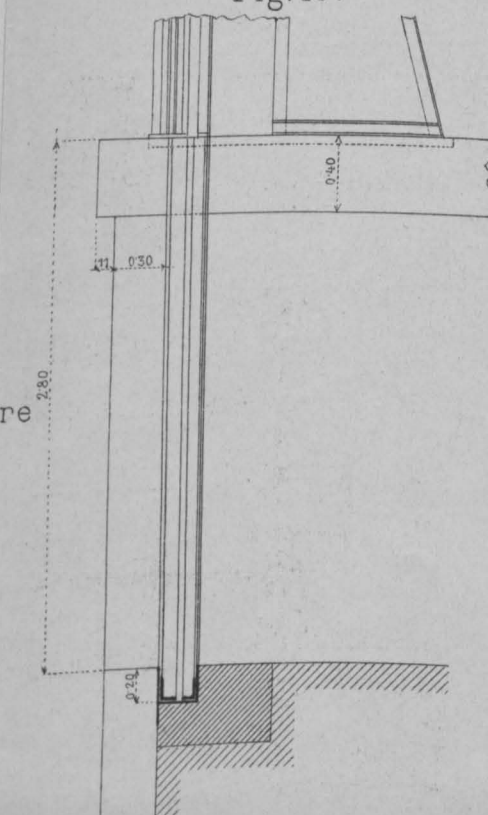


Fig.10.



QUERPROFILE.  
Fig.2. Querprofil im Auftrage.

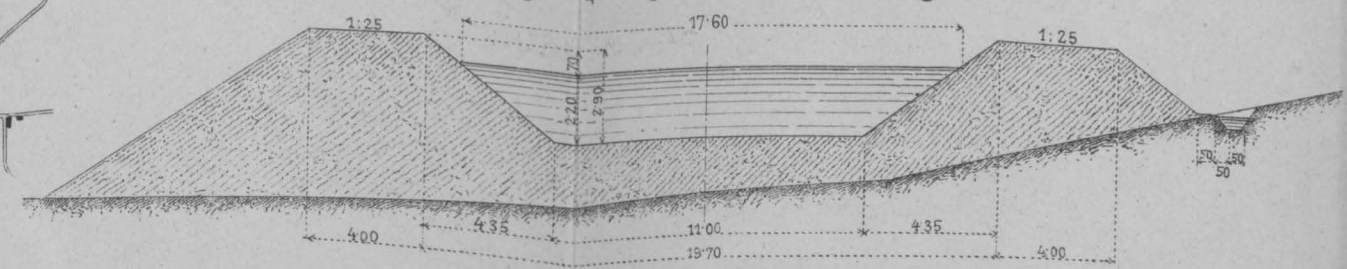


Fig.3. Querprofil im Abtrage.

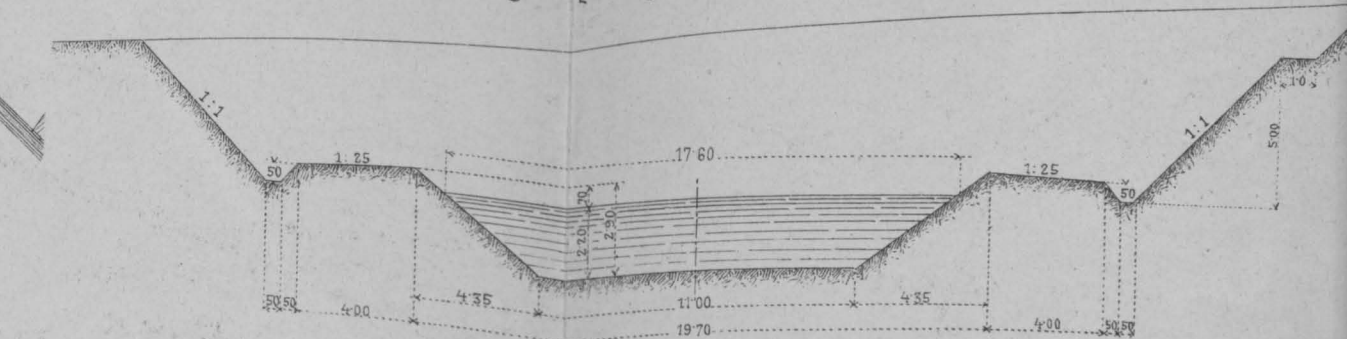


Fig.4. Querprofil der schiefen Ebene im Auftrage.

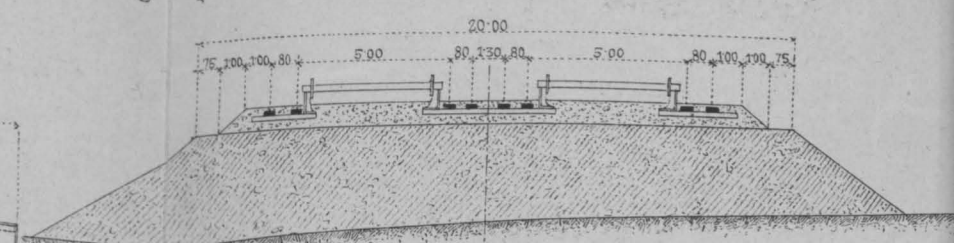
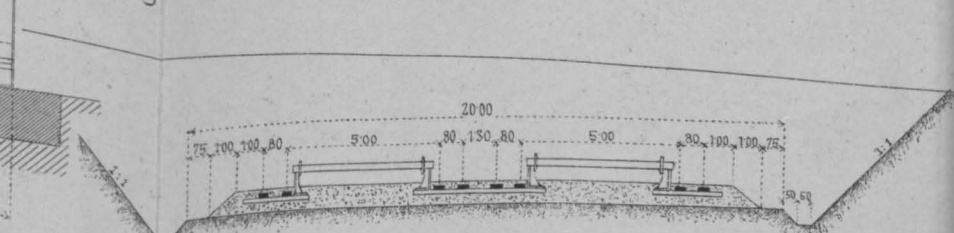


Fig.5. Querprofil der schiefen Ebene im Abtrage.



FUNDIRUNG DER MAUERN.

Fig.12. Grundriss.

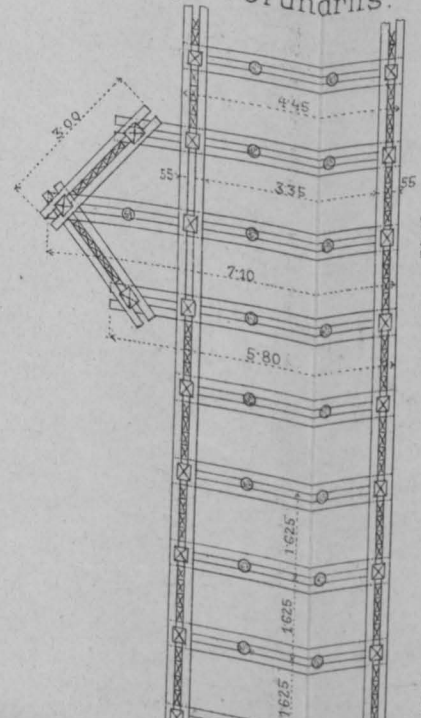


Fig.13. Querschnitt.

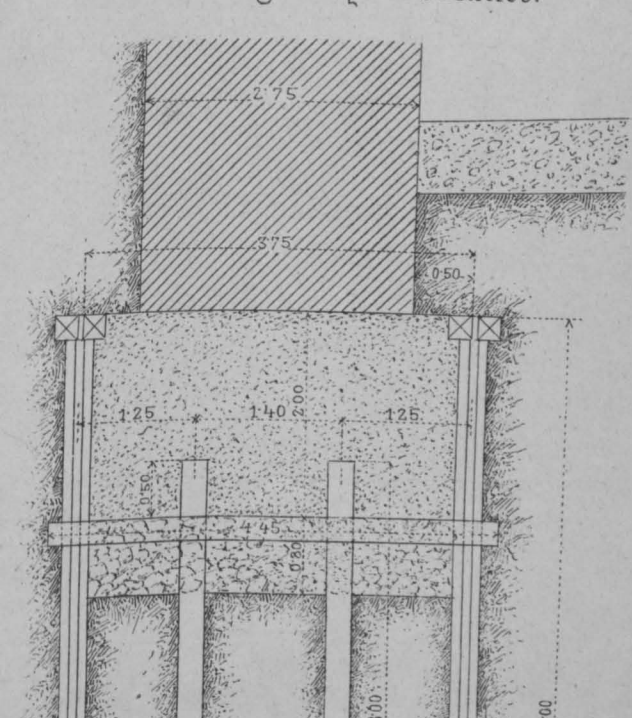




Fig. 1. GRUNDRISS DES OBEREN HAUPTES DER SCHIEFEN EBENE. 1:400.

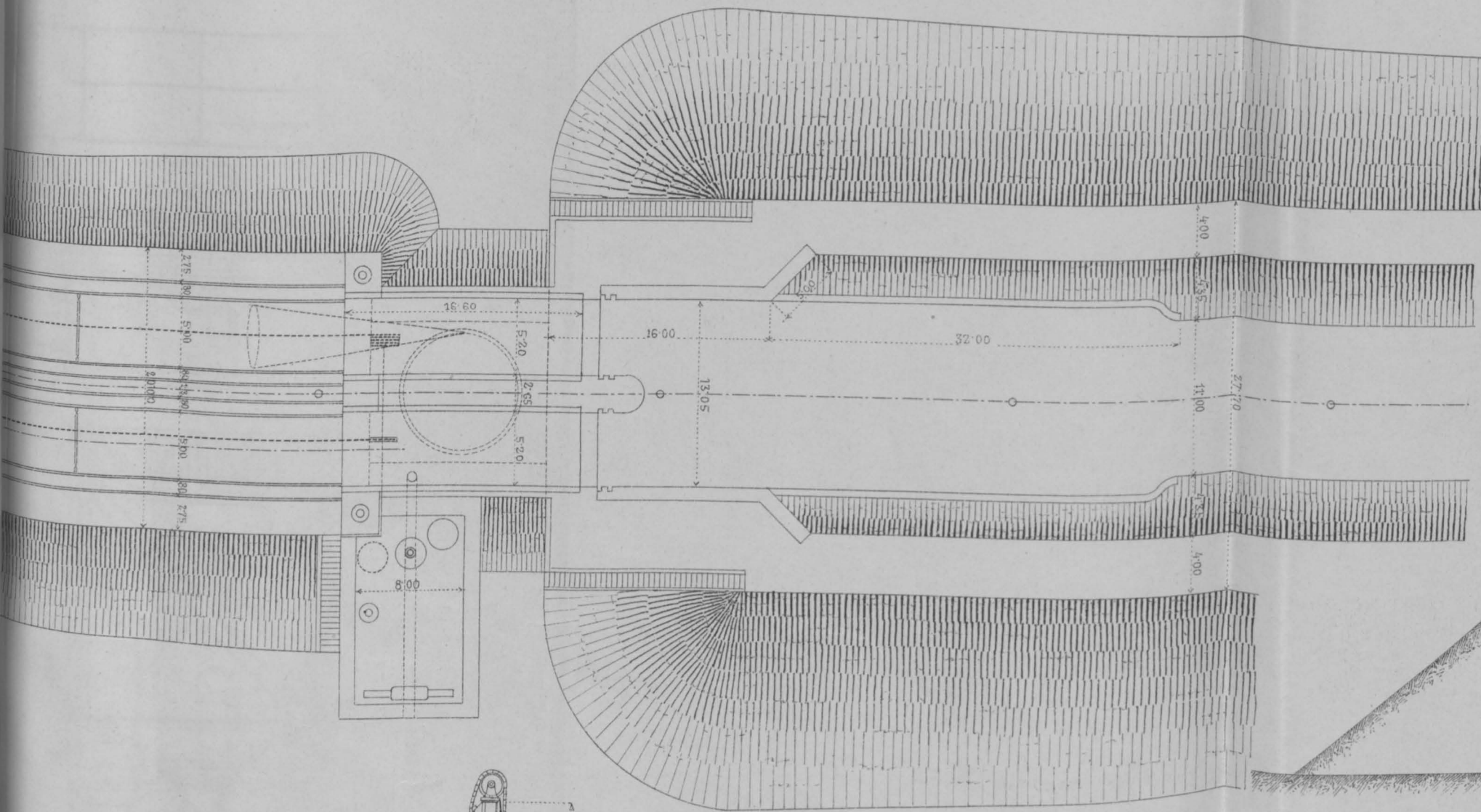


Fig. 2. QUERSCHNITT AM HAUPTTE DER SCHIEFEN EBENE.

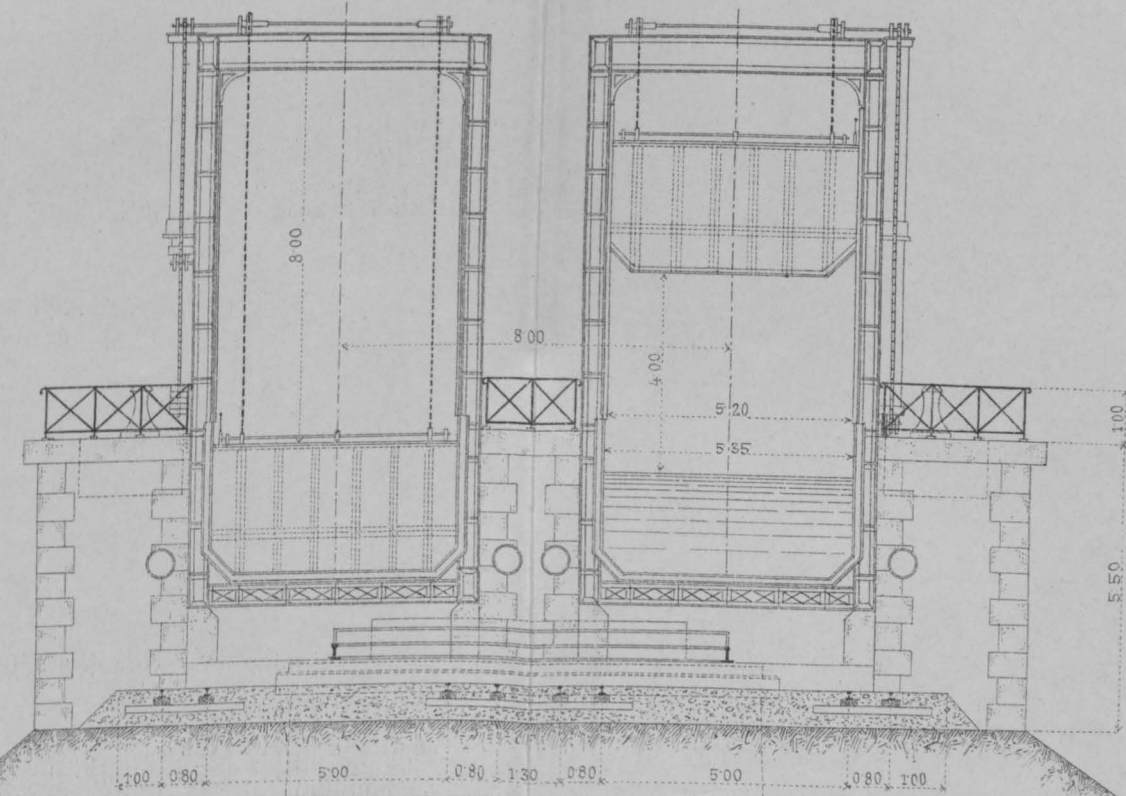


Fig. 3. LÄNGENSCHNITT DURCH DIE ACHSE DES FESTEN AQUADUCTES.

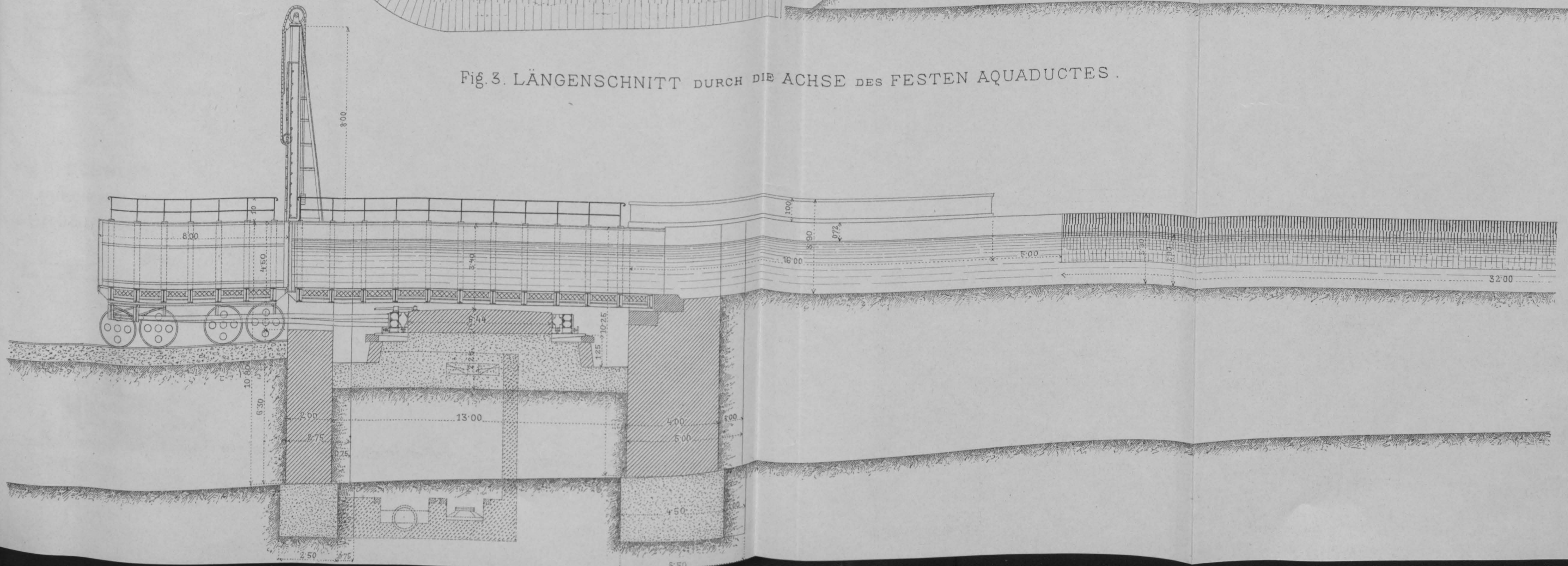




Fig.1. Längsschnitt u. Ansicht.

Fig. 2. Querschnitt.

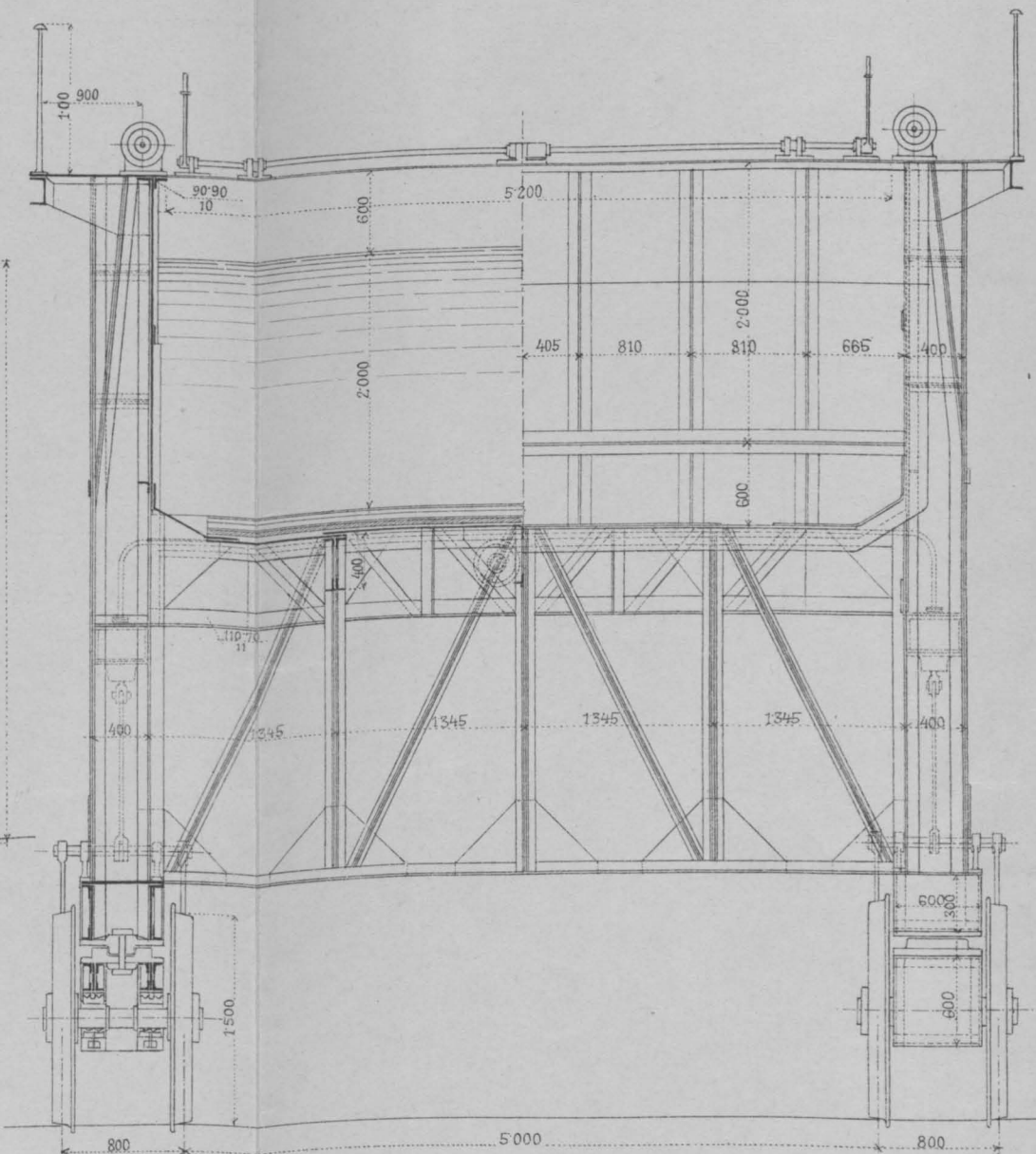


Fig. 5.

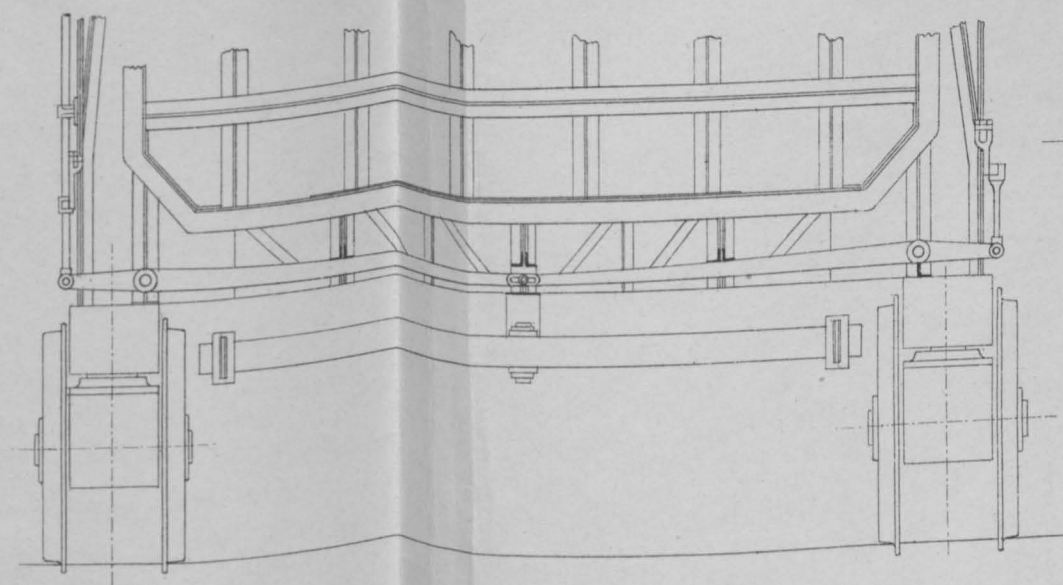


Fig. 6.

Ansicht der Drahtgurt-Spannvorrichtung.

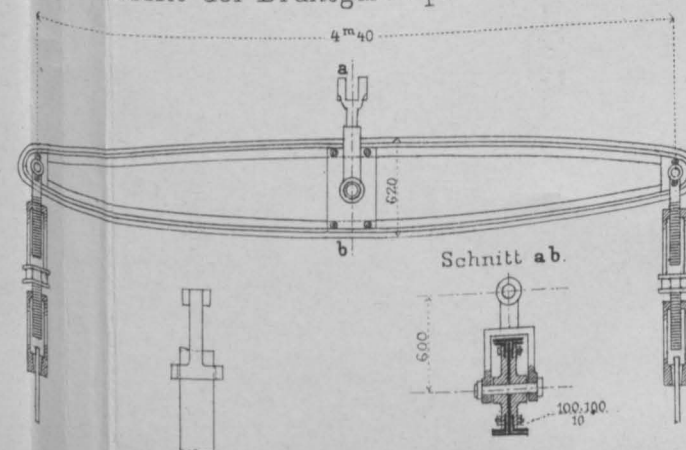


Fig.7. GRUNDRISS DES ROLLENKRANZES

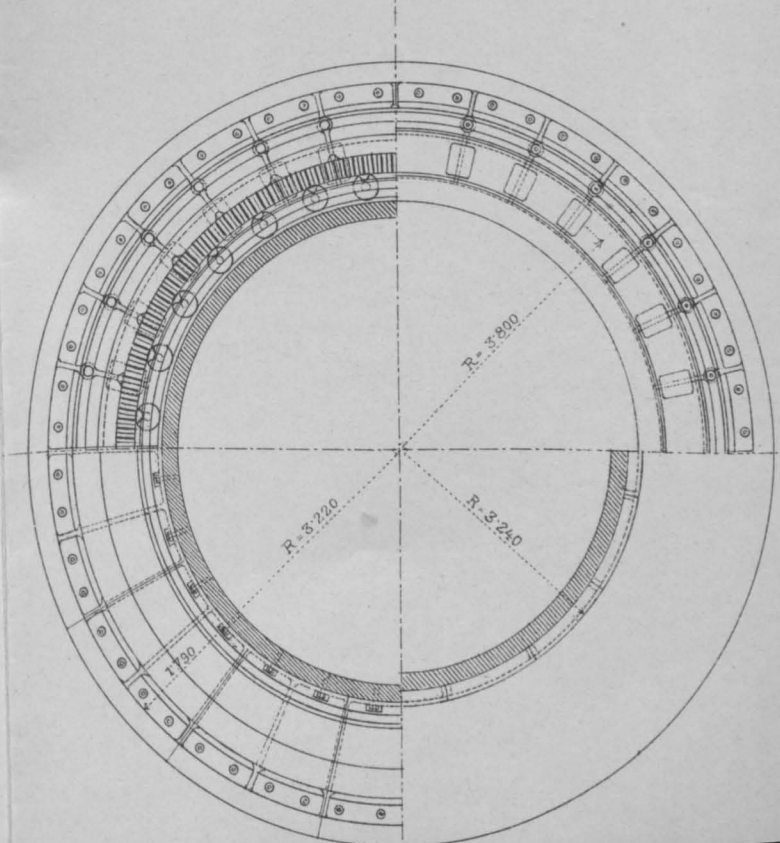
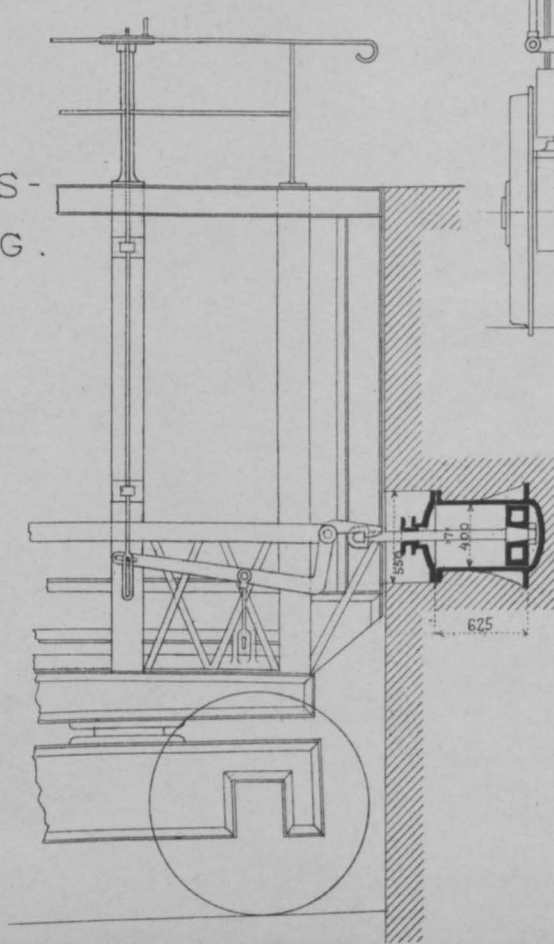
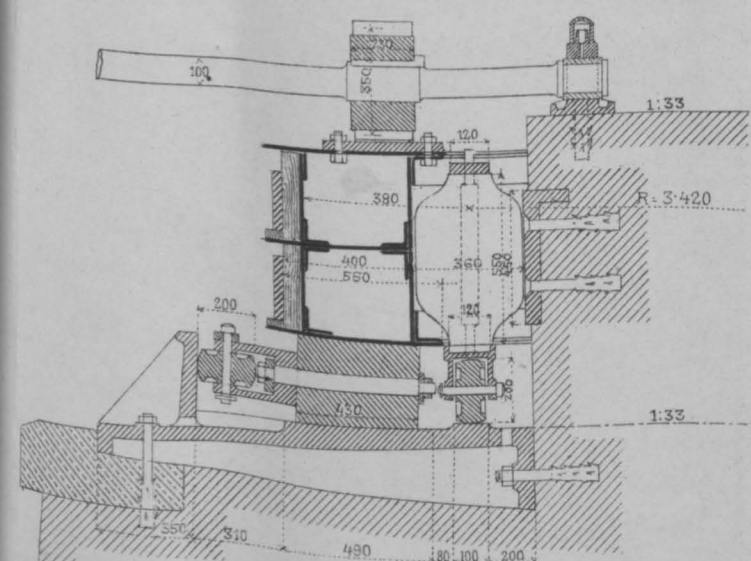


Fig. 4.  
VERSCHLUSS-  
VORRICHTUNG.





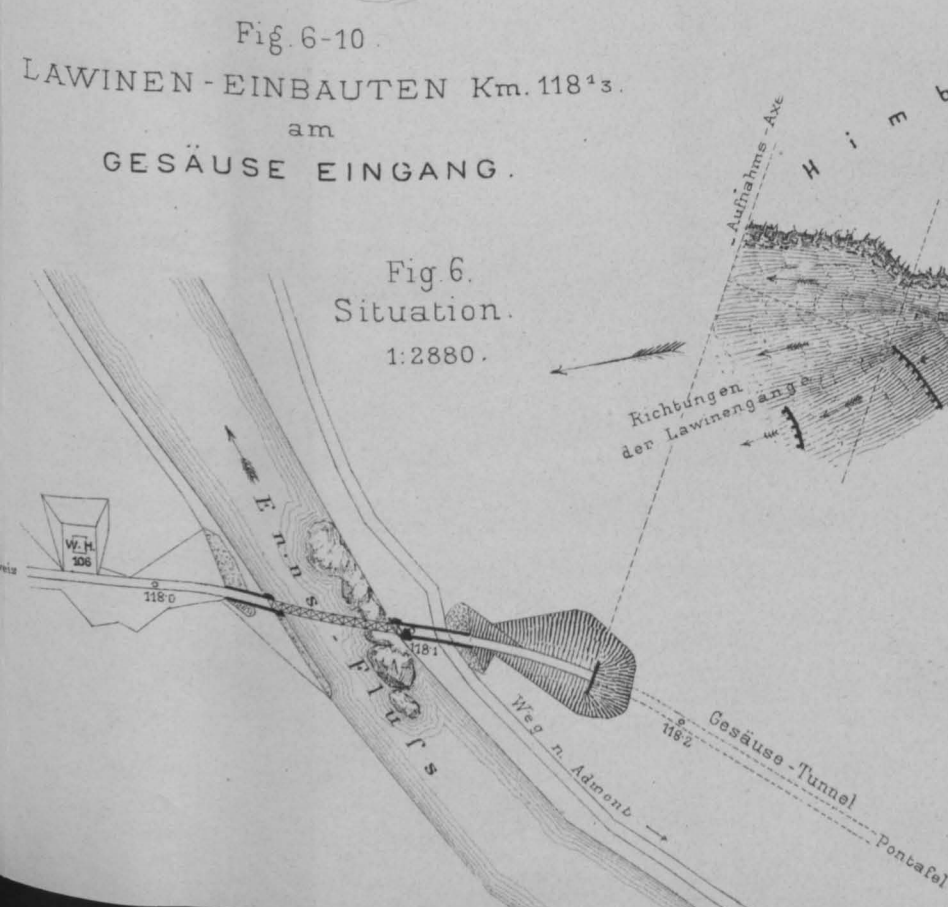
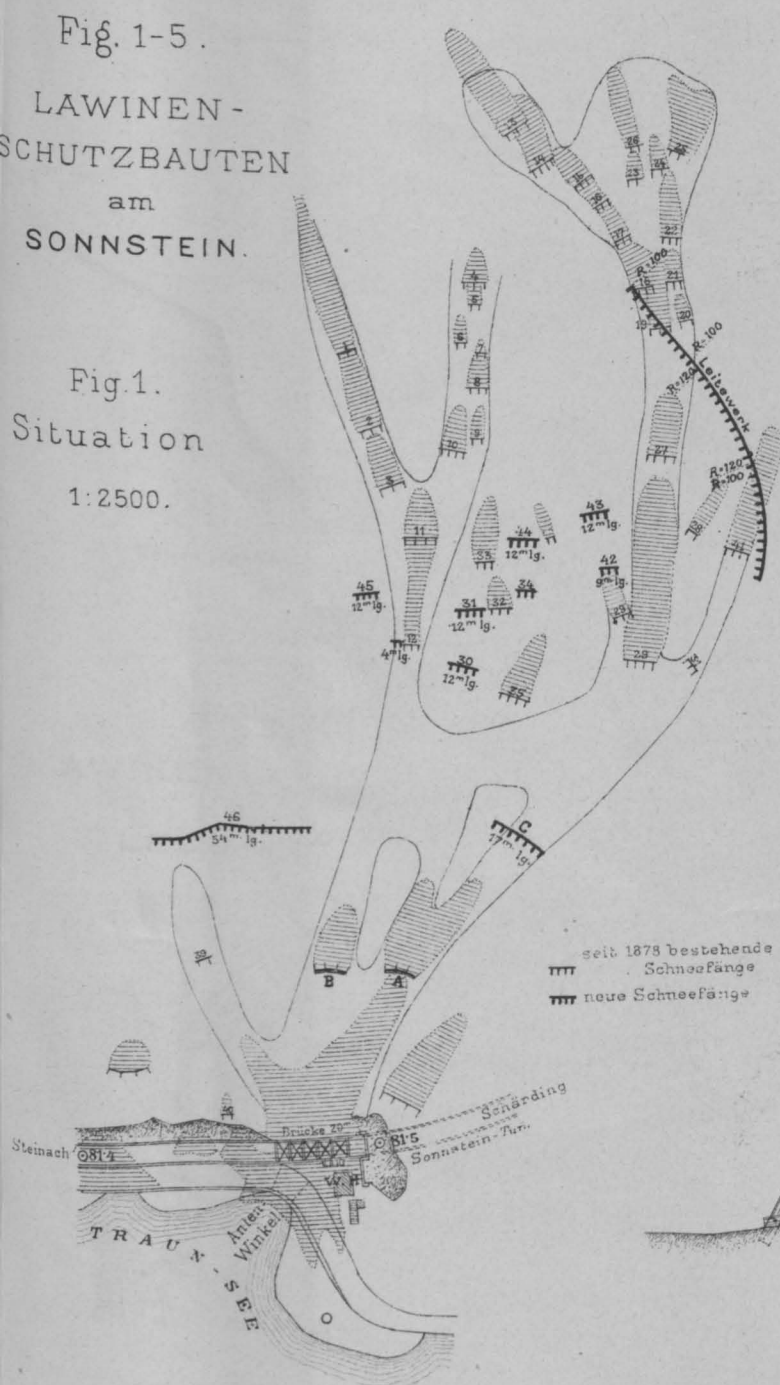


Fig. 11-17. GEWÖLBTE BRÜCKE über den SCHOASSENBACH. Km. 122<sup>9</sup>.  
15172<sup>m</sup> Lichtwt.

1:400.

Fig. 11. Ansicht des Auslaufes

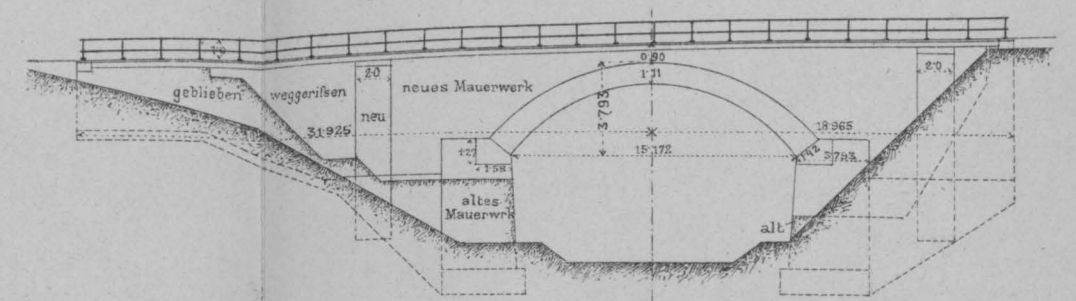


Fig. 12. Draufsicht und Grundriffs

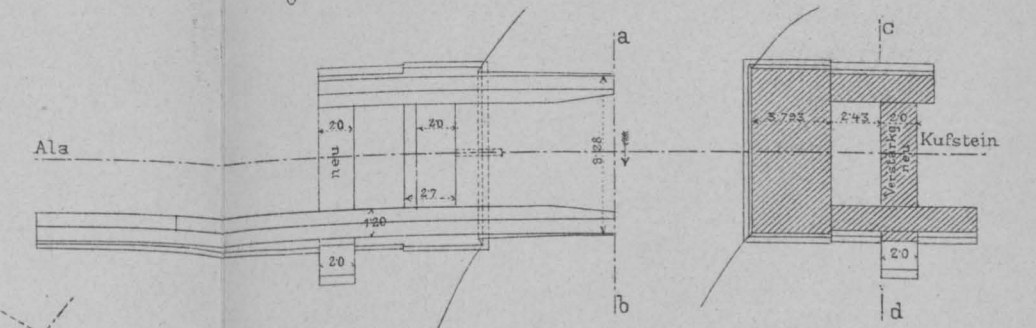


Fig. 15. Querschnitt cd.

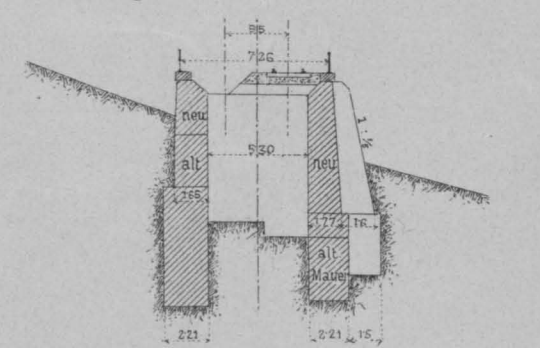


Fig. 16.  
Südl. Widerlager.

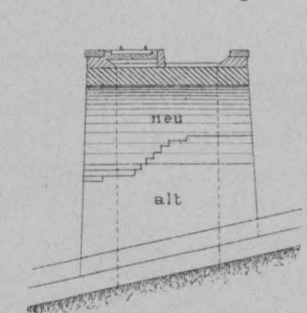


Fig. 17  
Querschnitt ab.

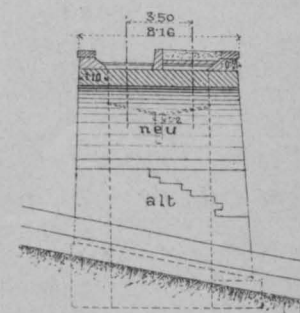


Fig. 13  
Ansicht des Einlaufes.

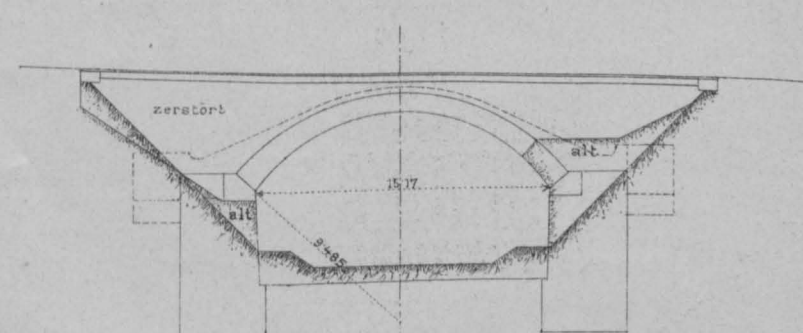


Fig. 14.  
Längenschnitt.

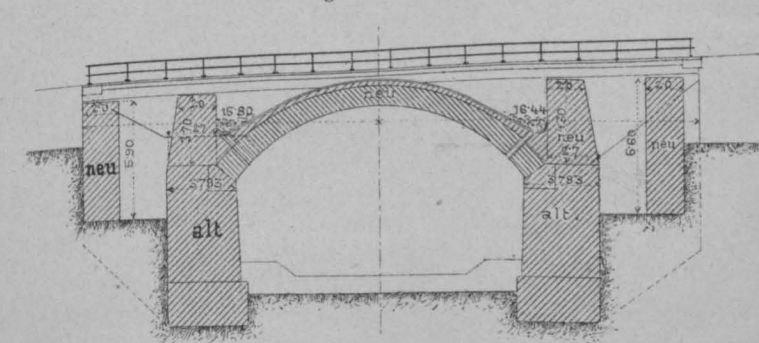




Fig. 1 u. 2.  
LAWINEN  
im  
DRAUTHAL.  
1:4000.

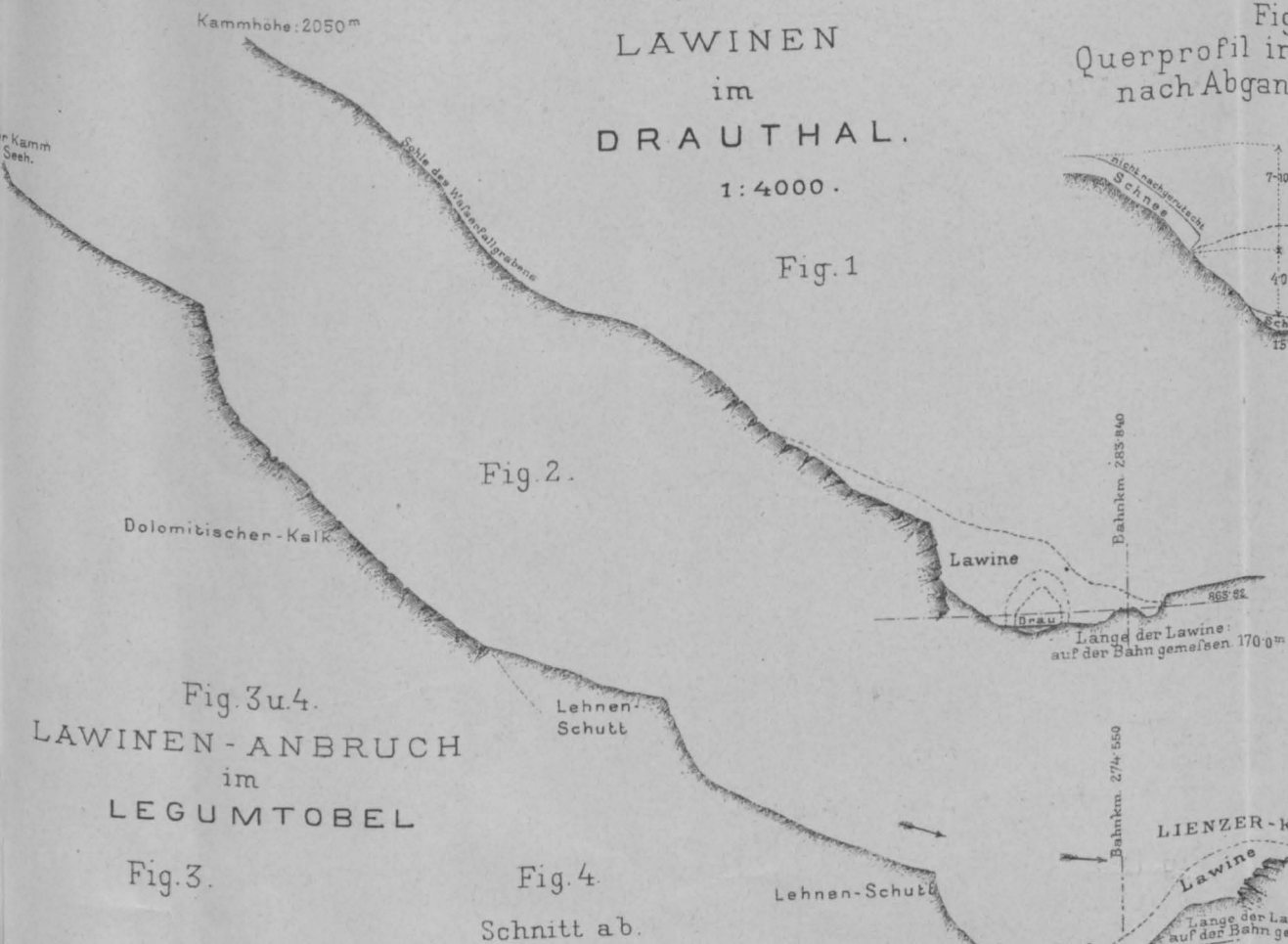


Fig. 5 u. 6. LAWINE ob STUBEN  
Fig. 5.  
Querprofil im oberen Tobel  
nach Abgang der Lawine  
Fig. 6.  
Querprofil durch die Lawine  
unterhalb d. Tobelverkläusung.

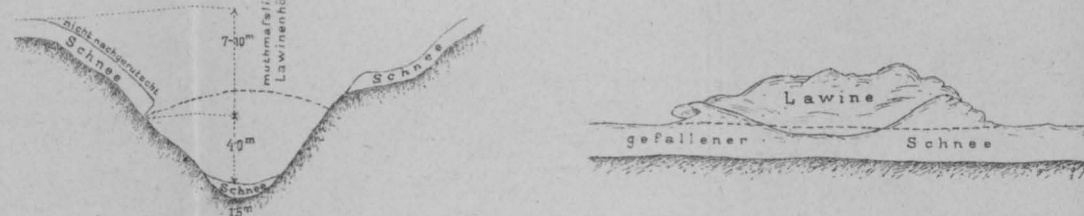


Fig. 7.  
Querprofil nach  
ab.

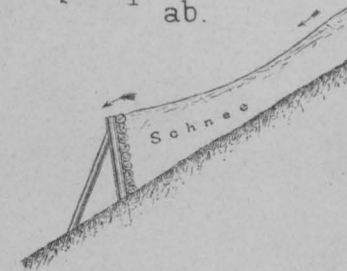


Fig. 7 u. 8.  
BACHFALLENTOBEL-VERHAU.

Fig. 8.  
Rückwärtige Ansicht.

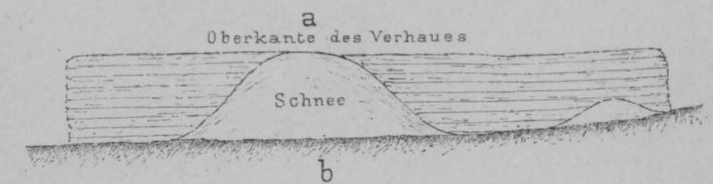


Fig. 13.  
SCHUTZGALERIE  
an der Ofenbergstrasse  
bei  
ZERNEZ.  
lang: 192.

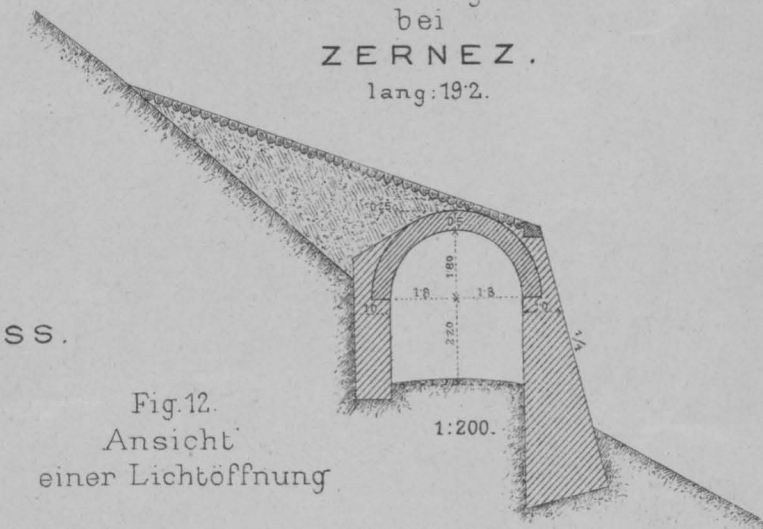


Fig. 9.  
GALERIE  
an der Landwasser-Straße  
im  
SCHWABENTOBEL.  
1:200.

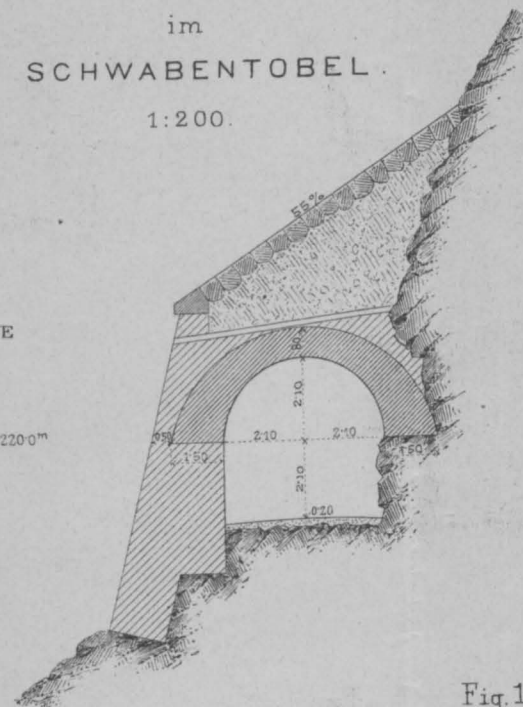


Fig. 10.  
Querschnitt

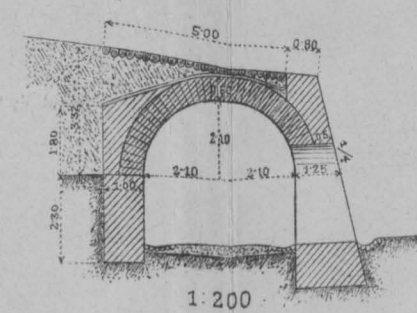


Fig. 10-12.  
GALERIE  
am  
FLÜELA PASS.

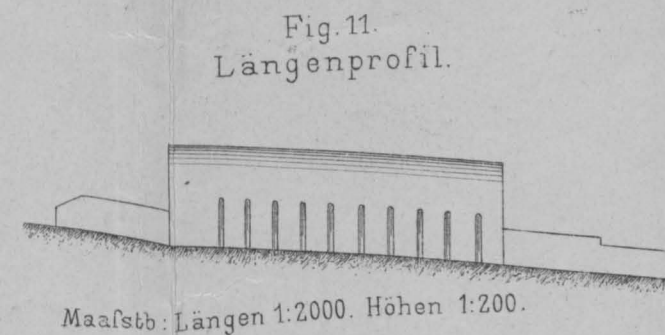


Fig. 11.  
Längenschnitt.

Fig. 12.  
Ansicht  
einer Lichtöffnung



Fig. 17.  
SILVAPLANA.

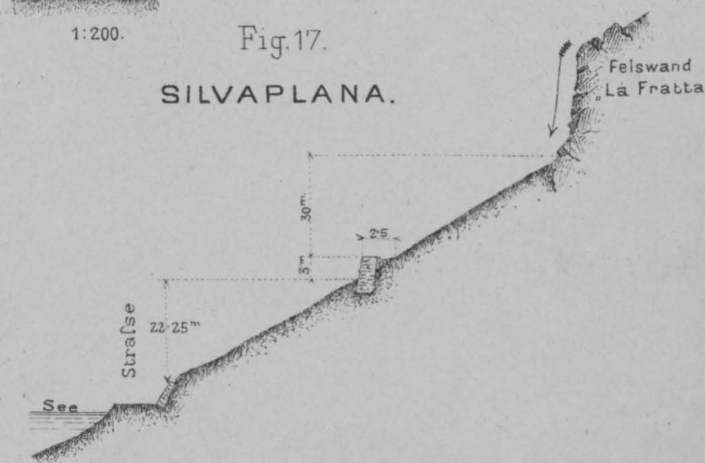


Fig. 4.  
Schnitt ab.

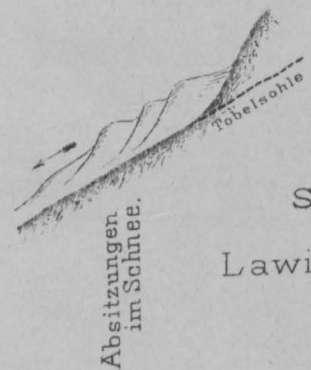


Fig. 16.  
SITUATION  
der  
Lawinen-Verbauungen  
bei  
BEVERS.  
1:3000.  
Äquidistanz 5m.

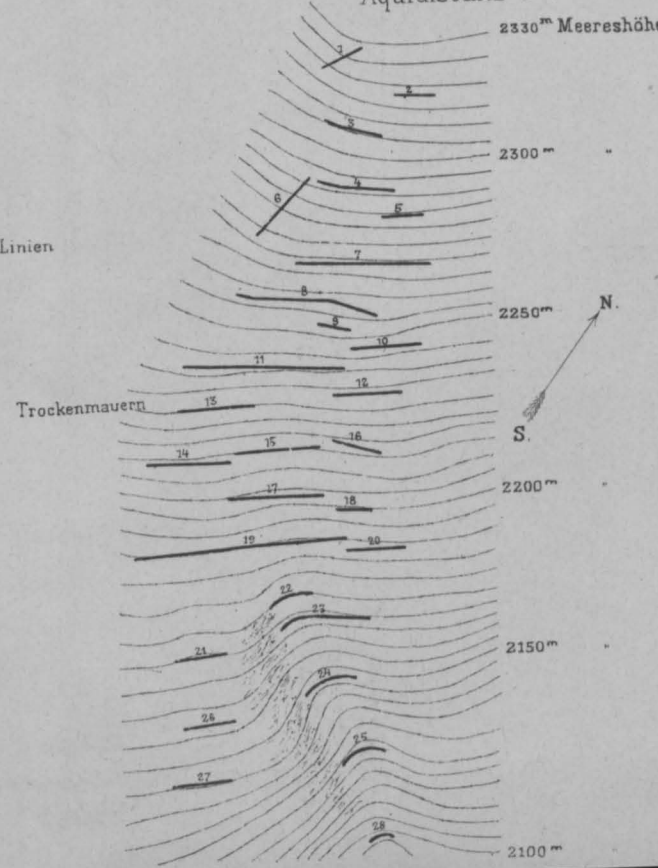


Fig. 18-21  
MITTLERE ENTSCHING-THAL-GALERIE.

Fig. 18.  
Längenschnitt  
1:1000.

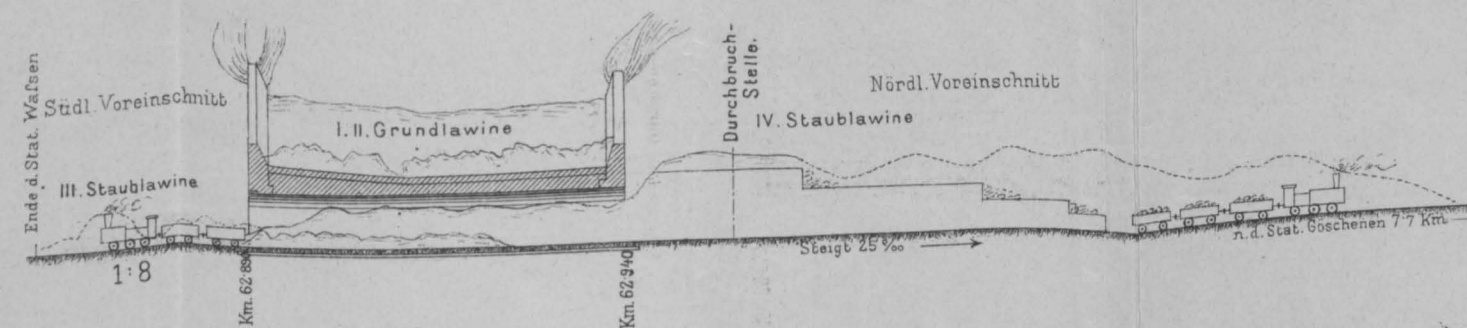


Fig. 19.  
Querschnitt der Galerie.  
Km. 62.910.  
1:500.

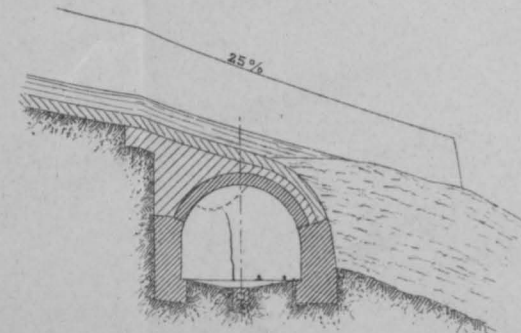


Fig. 20.  
Querschnitt  
Km. 62.950.  
1:500.

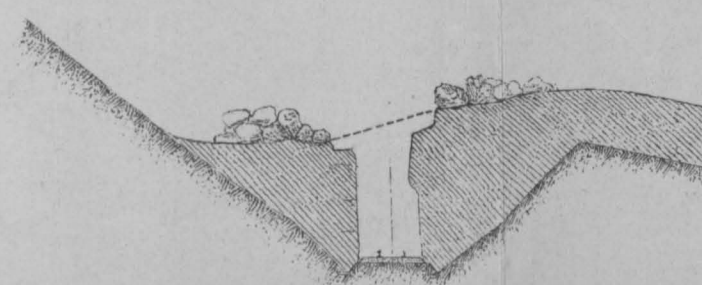


Fig. 21.  
Verlängerung der Galerie.  
Querschnitt.

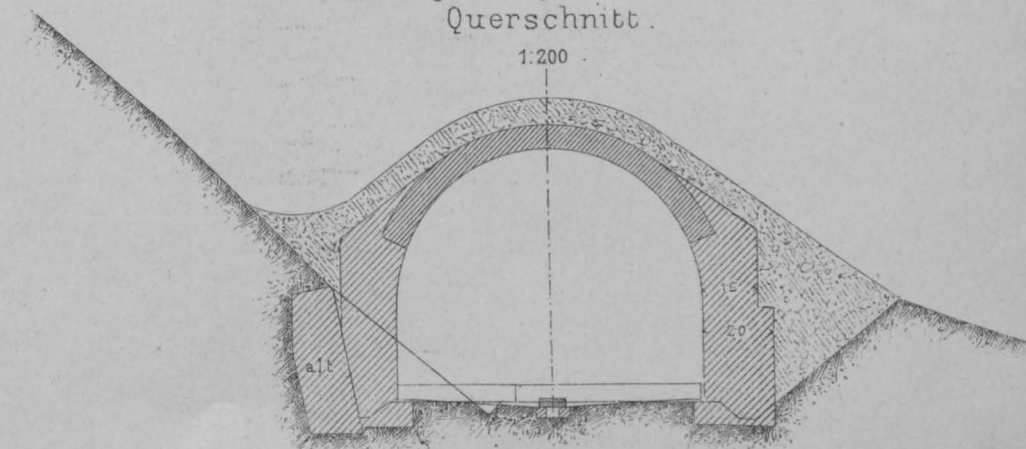


Fig. 3 u. 4.  
LAWINEN-ANBRUCH  
im  
LEGUMTOBEL

Fig. 3.

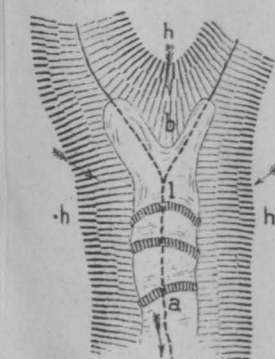


Fig. 14.  
MARTINSBRÜCK.

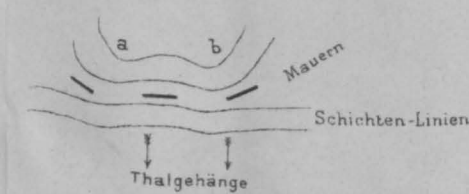


Fig. 15.  
ZERNEZ

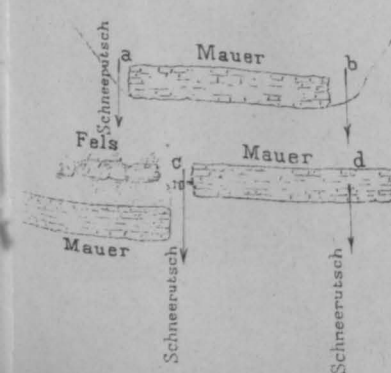
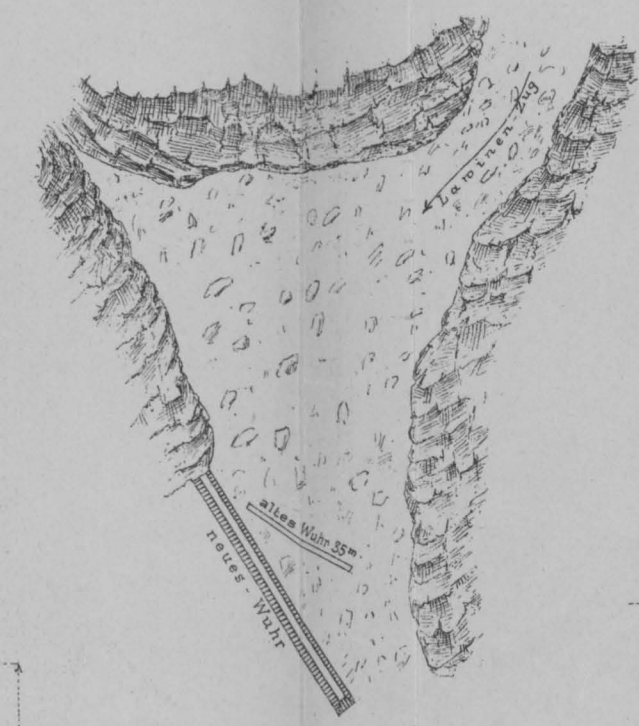




Fig. 9.  
Längenprofil des neuen  
Steindammes.



Längen: 1:1000.  
Höhen: 1:400.

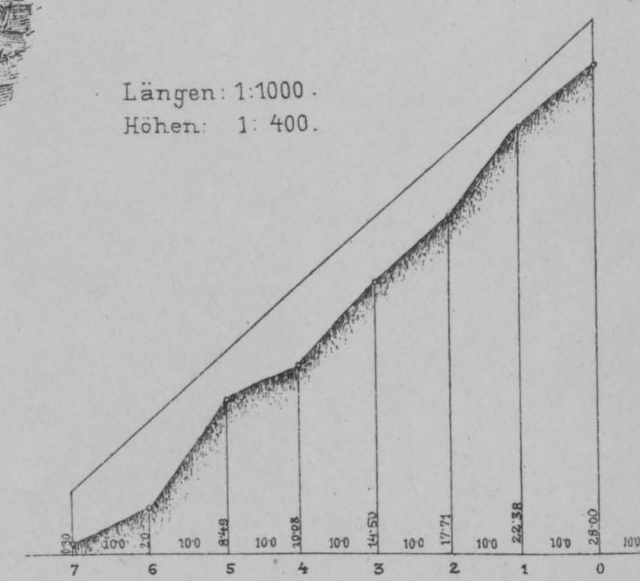


Fig.14.  
Querprofile (Projekt).  
1:1000.  
2.

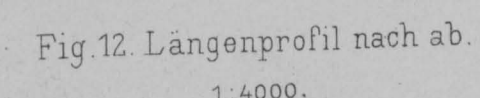


Fig. 11.  
Situation.  
1:4000.

Fig. 13.  
Längenprofil nach cd.  
1:4000.

bestehende Mauer  
proj. neue Mauer  
proj. Graben  
Hügel  
Hügel abzutrag.  
Lärchen 30 Jahre alt  
Lärchen 15 Jahre alt  
Wald  
alter Schutzbau.  
1719  
1722  
1850  
1851  
Leukerbad 2-300m unterhalb der Mauer.



Fig. 14.

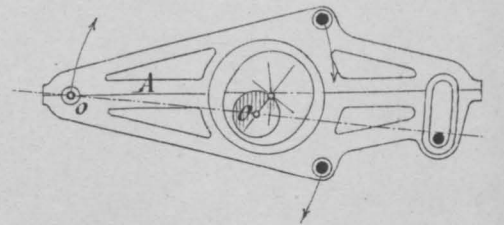


Fig. 16.

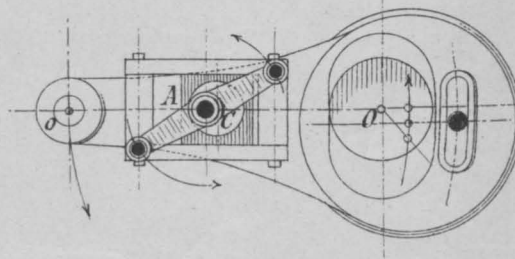


Fig. 19.

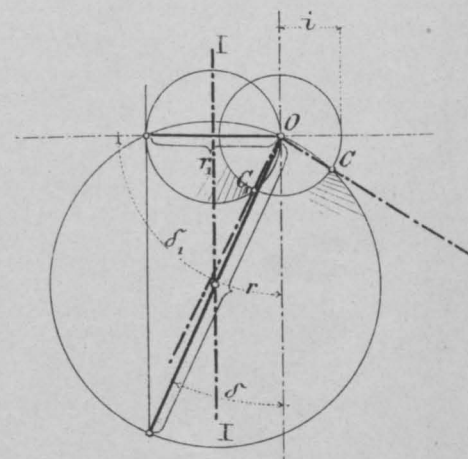


Fig. 22.

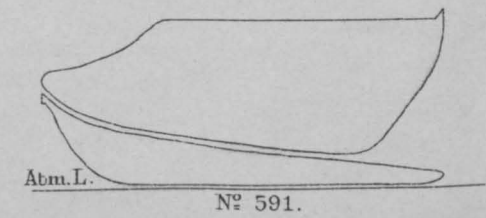




Fig. 23.

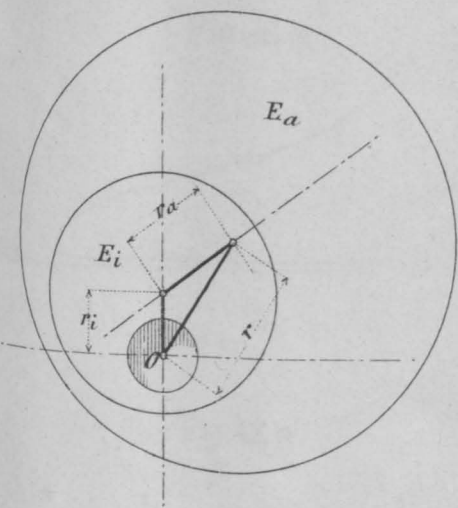


Fig. 24.

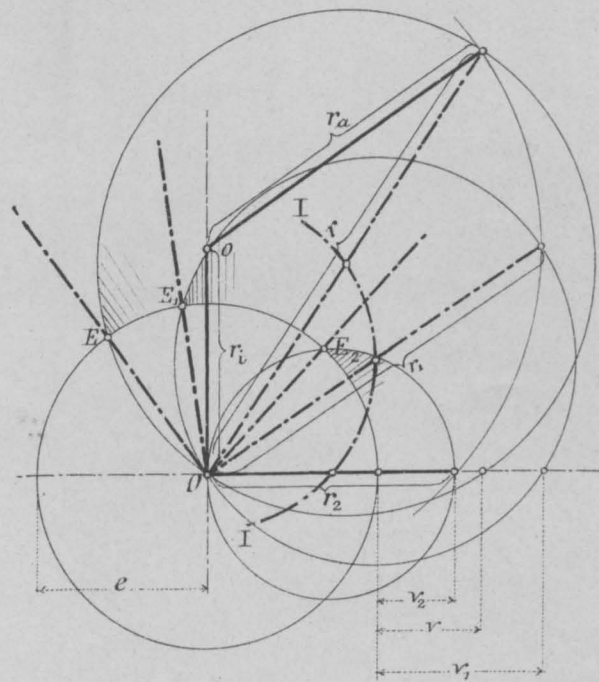


Fig. 25.

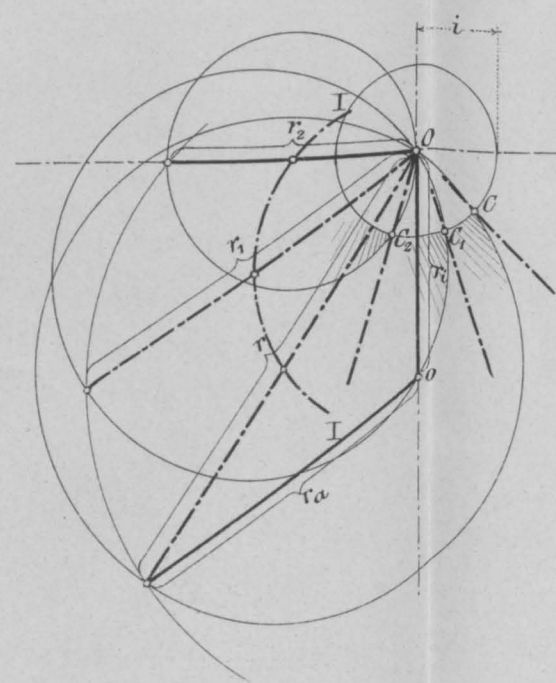


Fig. 31.

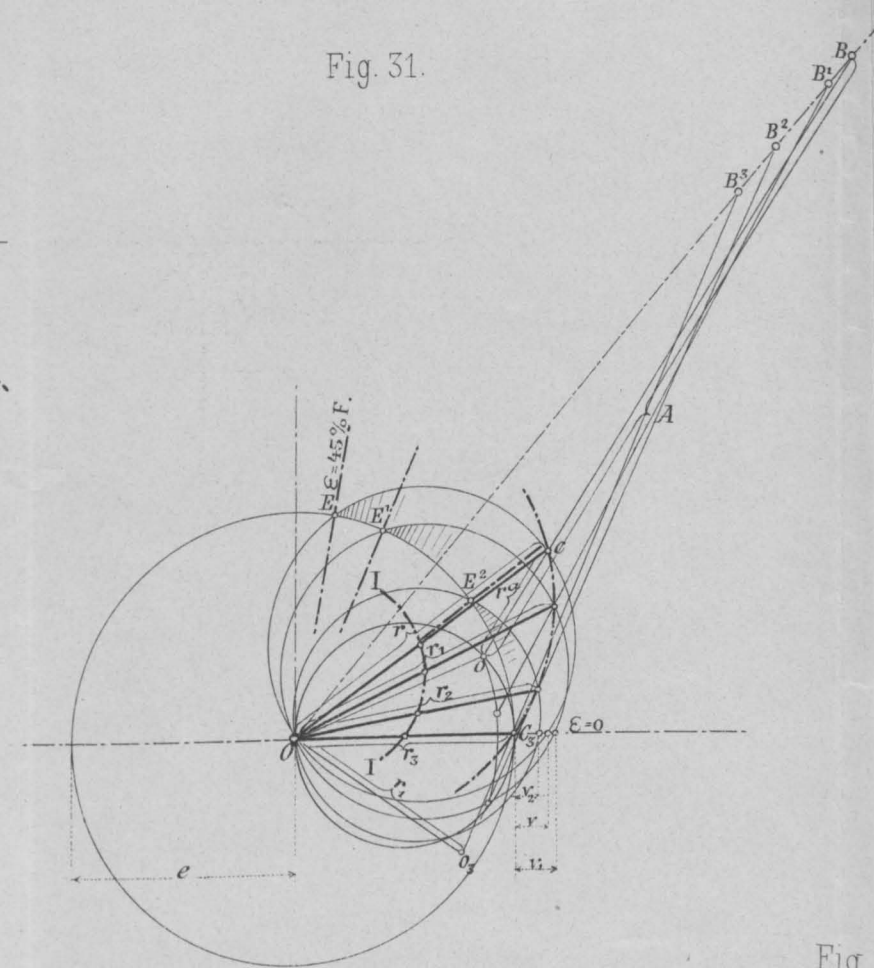


Fig. 41.

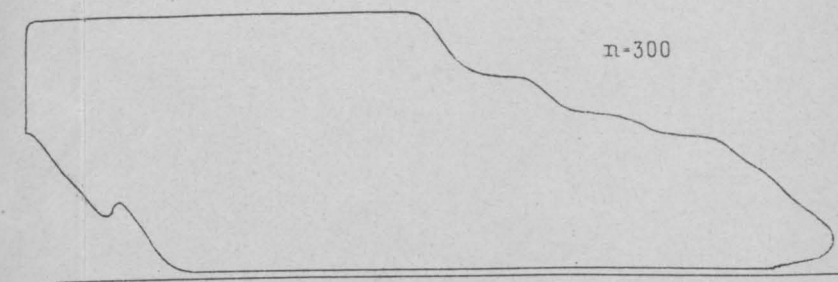


Fig. 42.

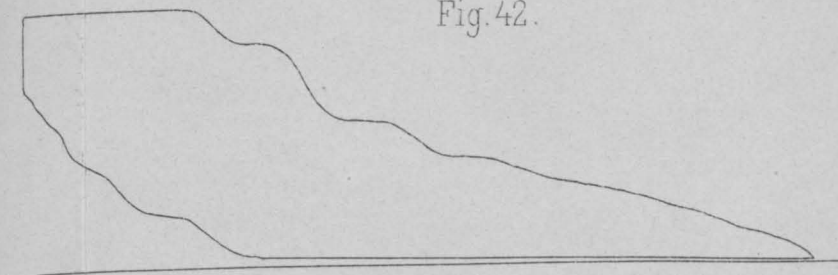


Fig. 43.

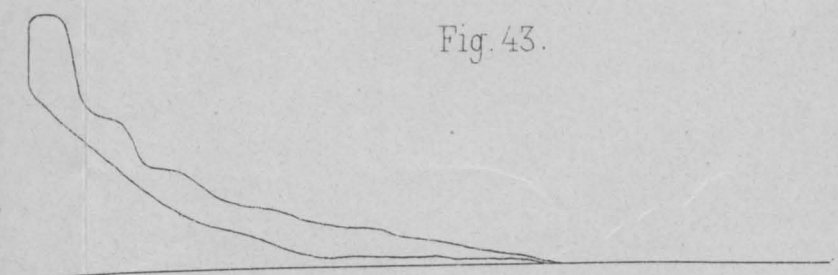


Fig. 35.

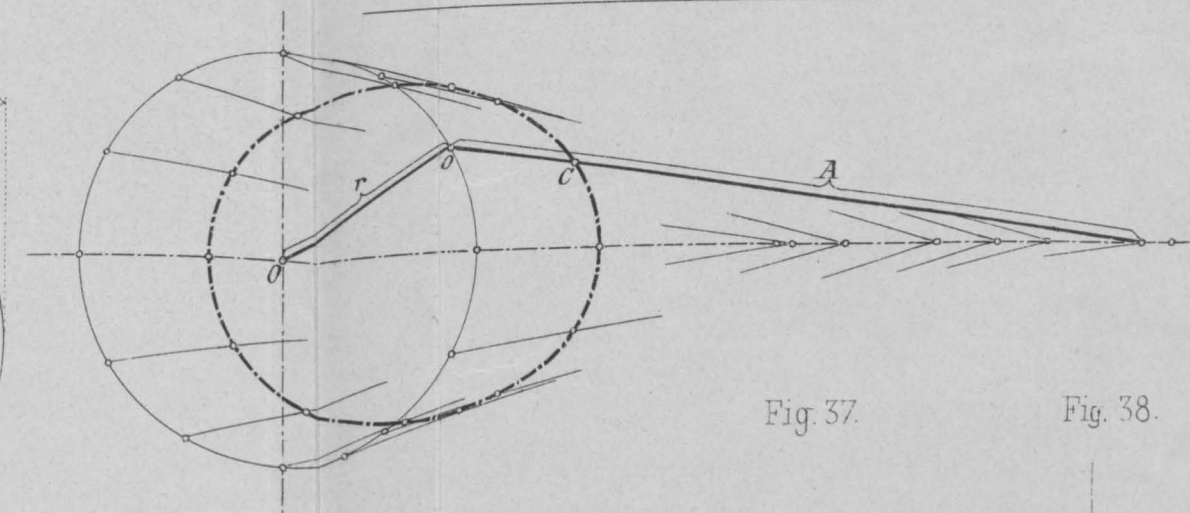


Fig. 32.

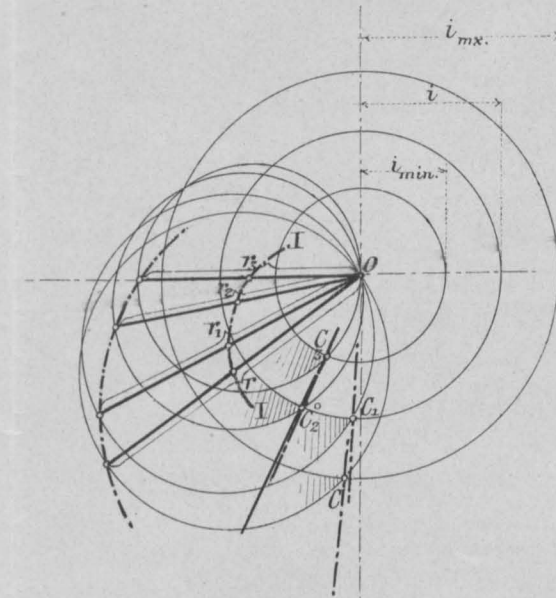


Fig. 37.

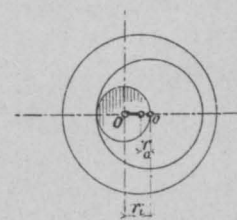


Fig. 38.

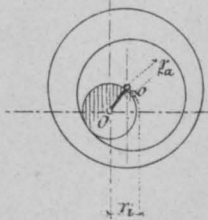


Fig. 39.

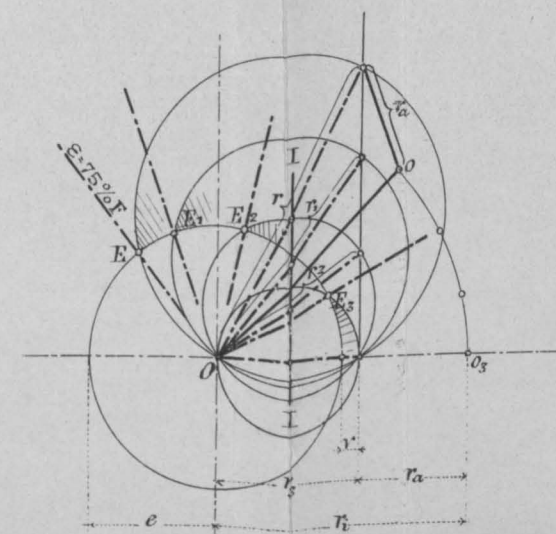


Fig. 40.

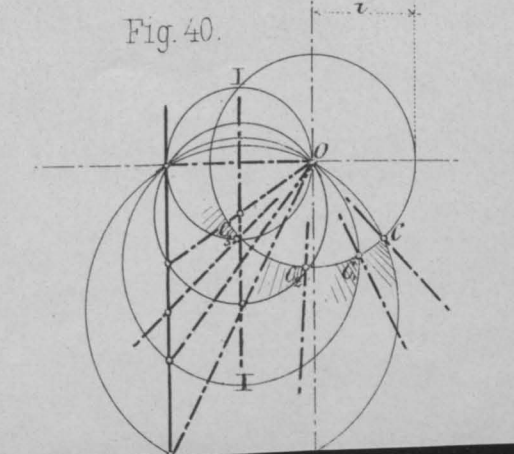


Fig. 26.  
nat. Gr.

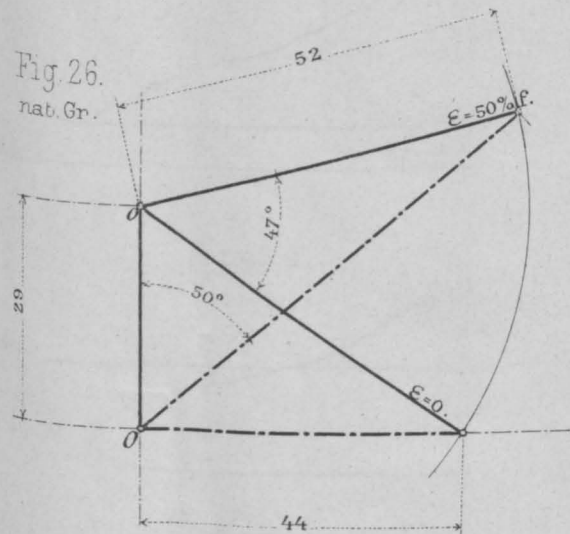


Fig. 27.  
2:1.

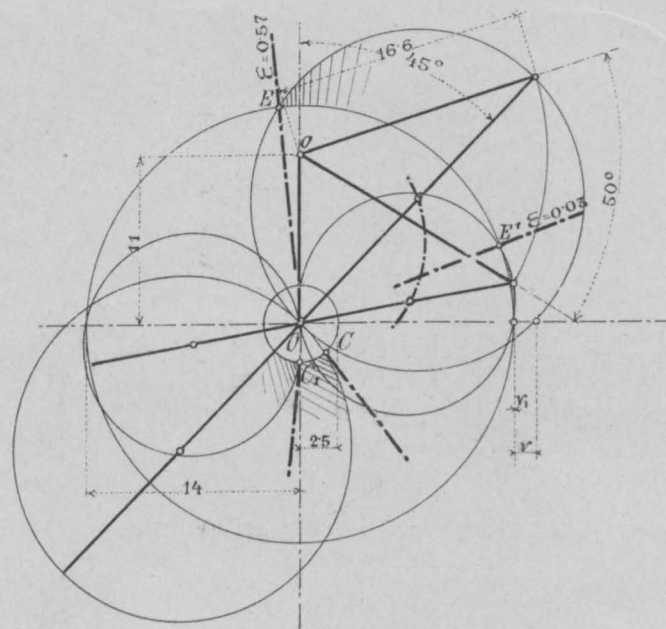


Fig. 28.  
nat. Gr.

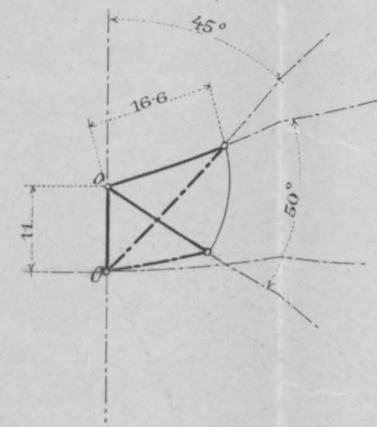


Fig. 29.

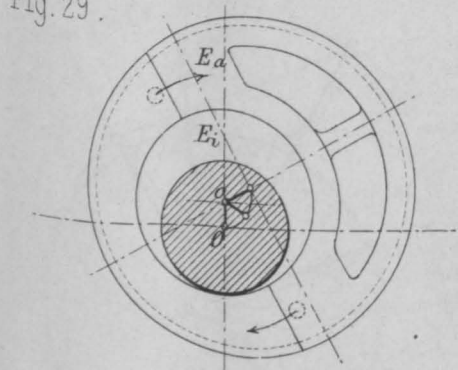


Fig. 30.  
nat. Gr.

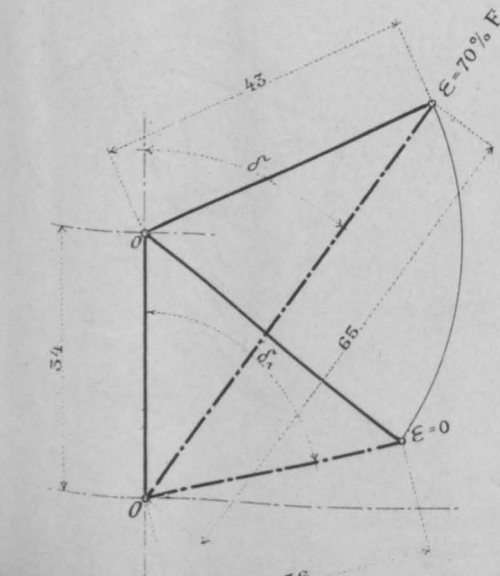


Fig. 33.

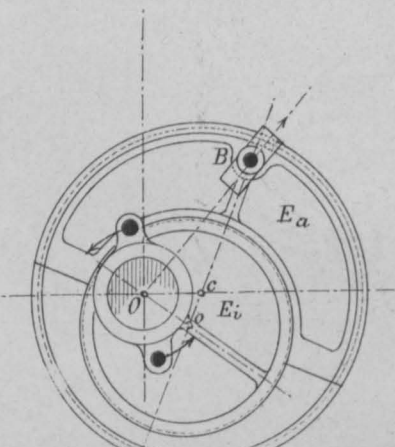


Fig. 34.  
1/2 nat. Gr.

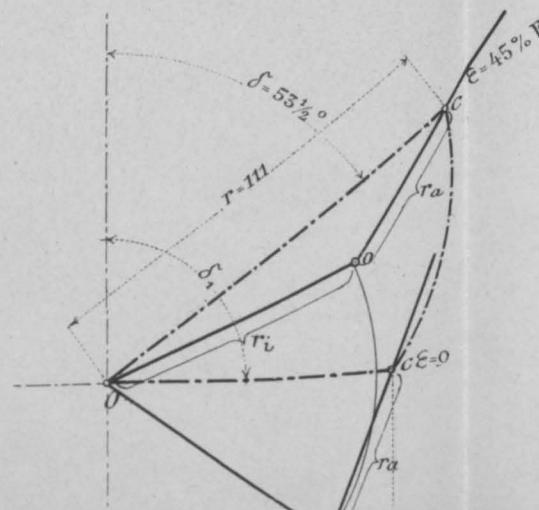


Fig. 36.

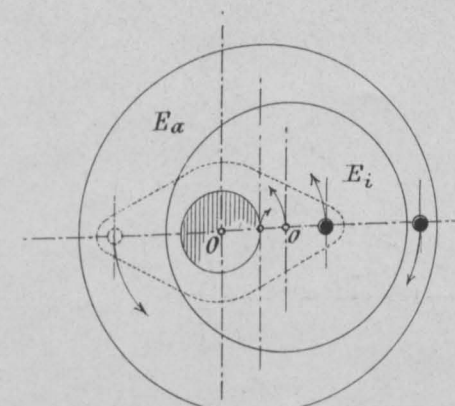




Fig. 41 a.

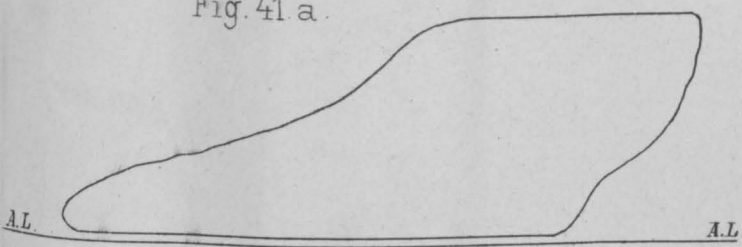


Fig. 45.

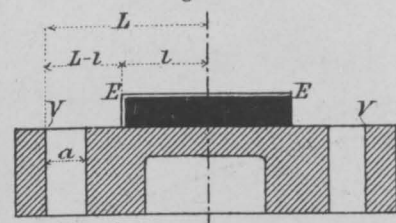


Fig. 50.



Fig. 52

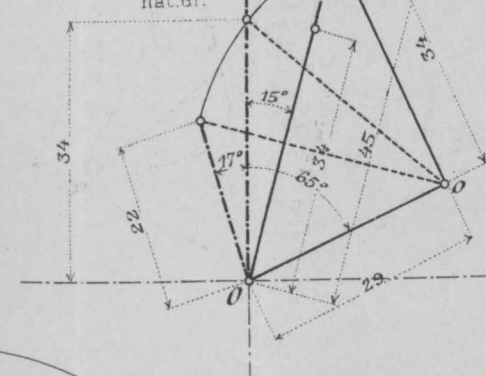


Fig. 56

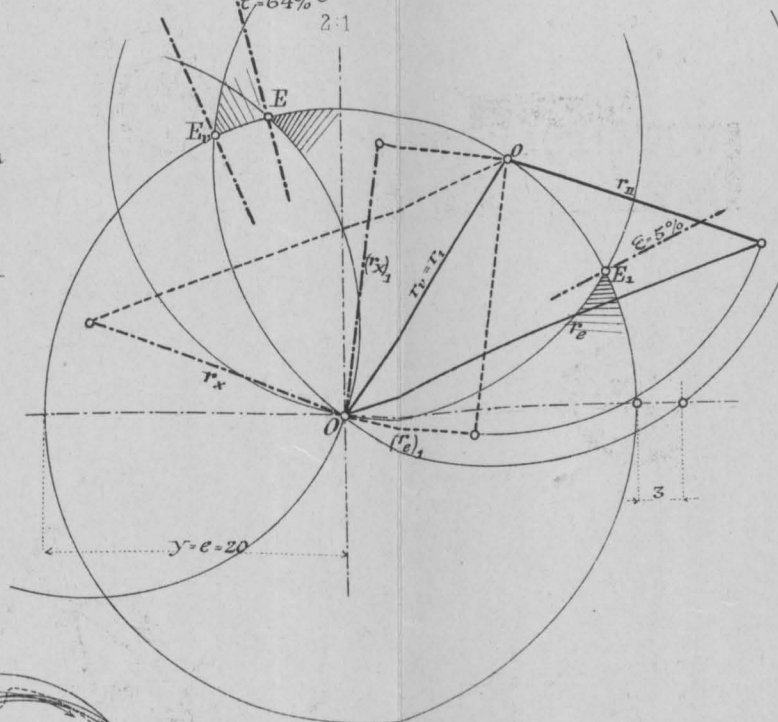


Fig. 58.

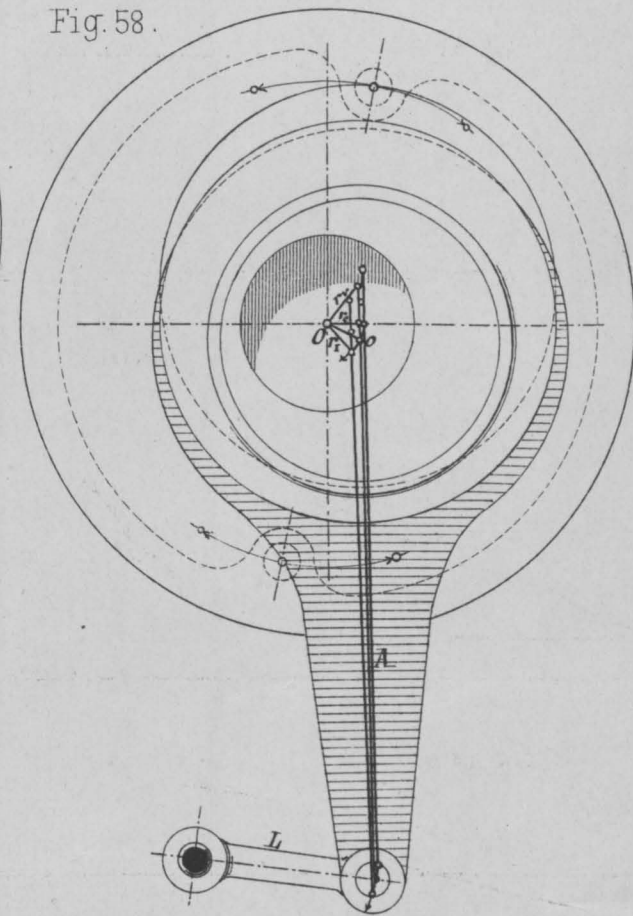


Fig. 42 a.

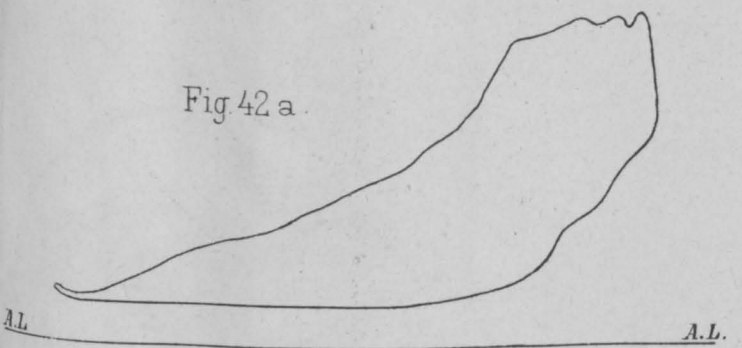


Fig. 47.



Fig. 53

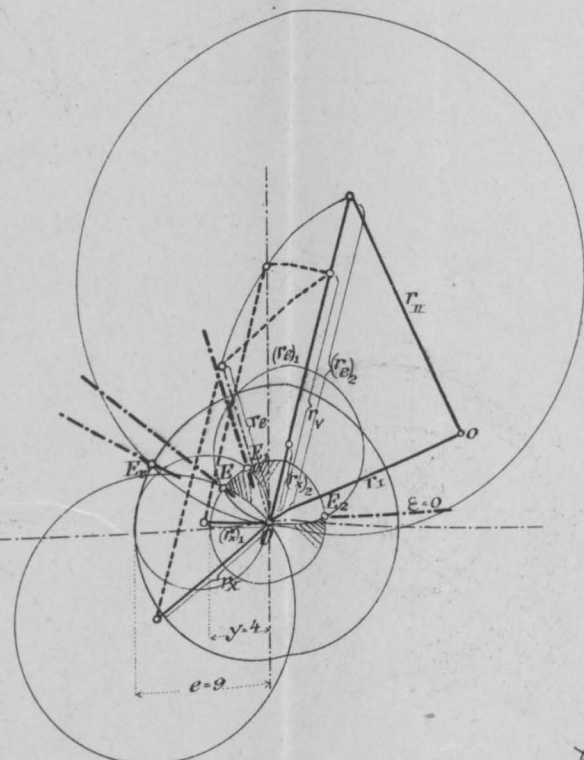


Fig. 57.

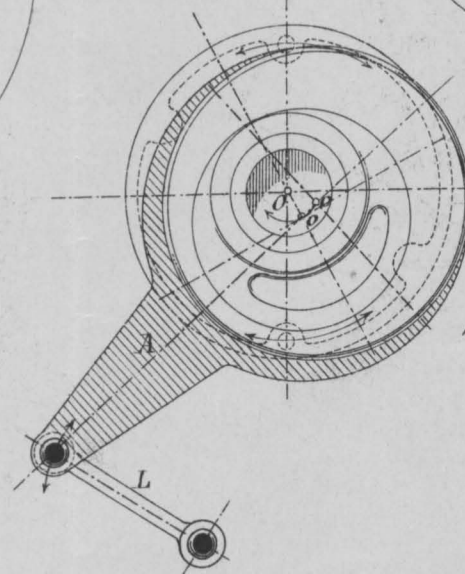


Fig. 60.

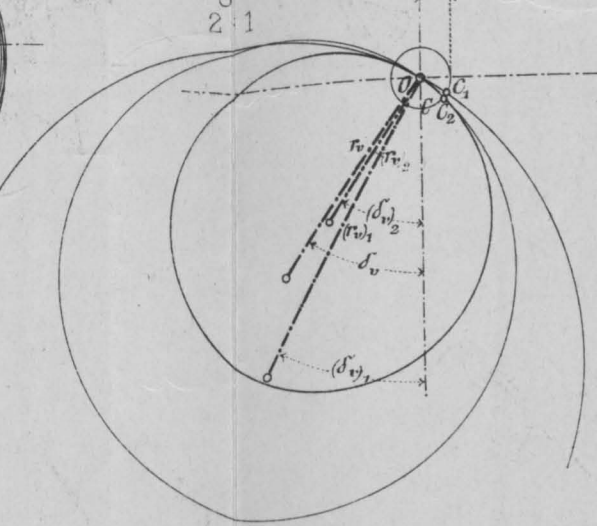


Fig. 59.

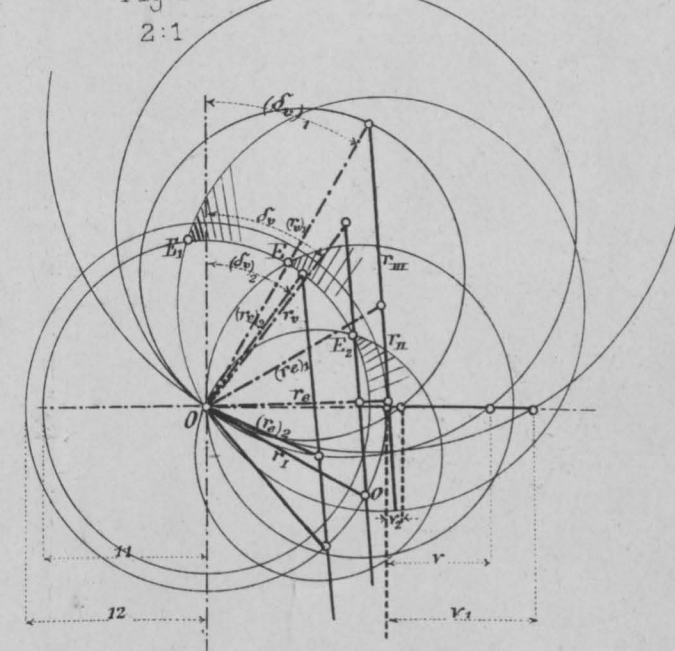


Fig. 44.

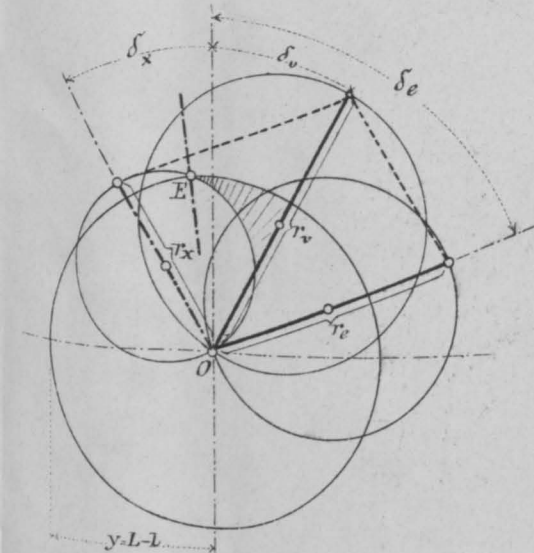


Fig. 49.

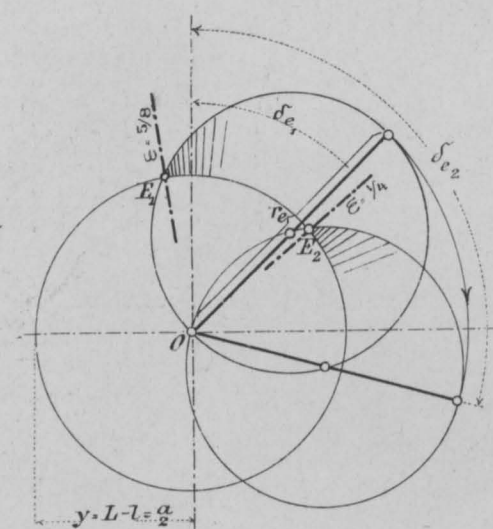


Fig. 55.

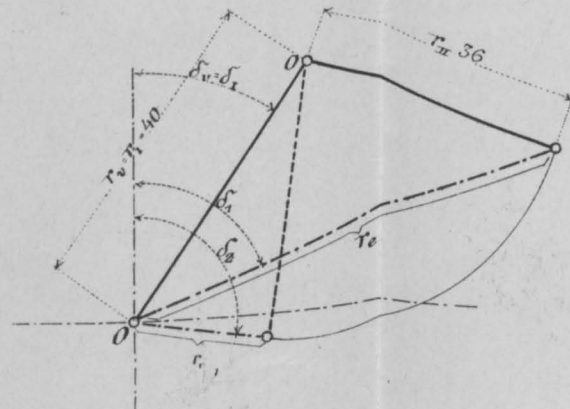


Fig. 62.

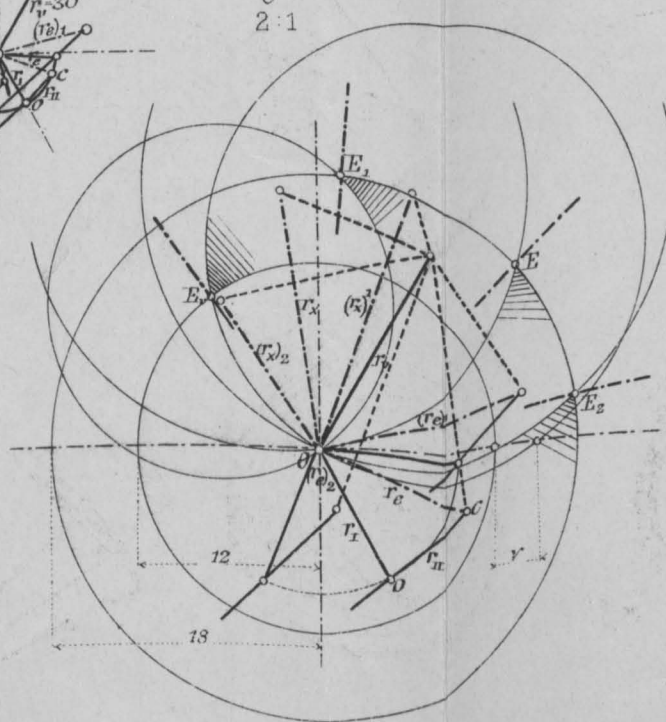


Fig. 61

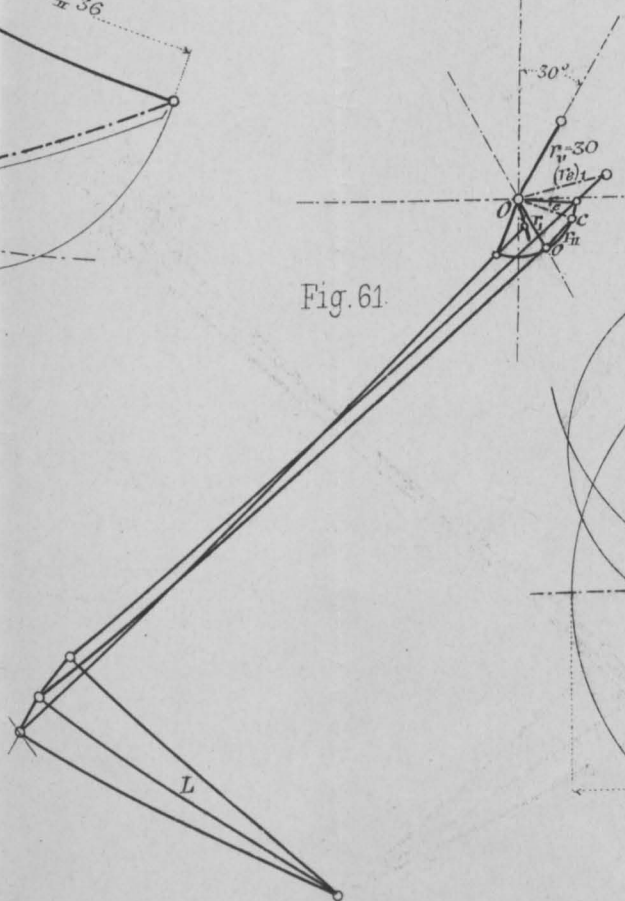


Fig. 63.

Feder 10% 3Atm.

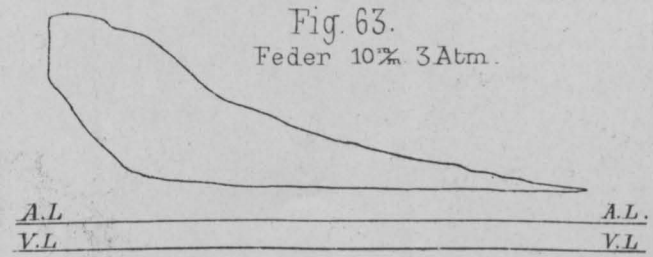


Fig. 51.

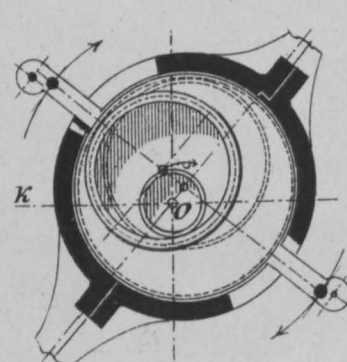


Fig. 54.

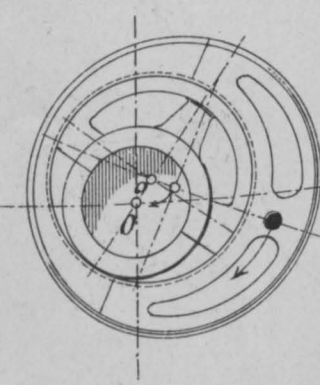


Fig. 64.

Feder 10% 1.5 Atm.

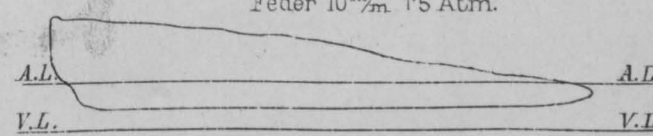




Fig. 65 a.

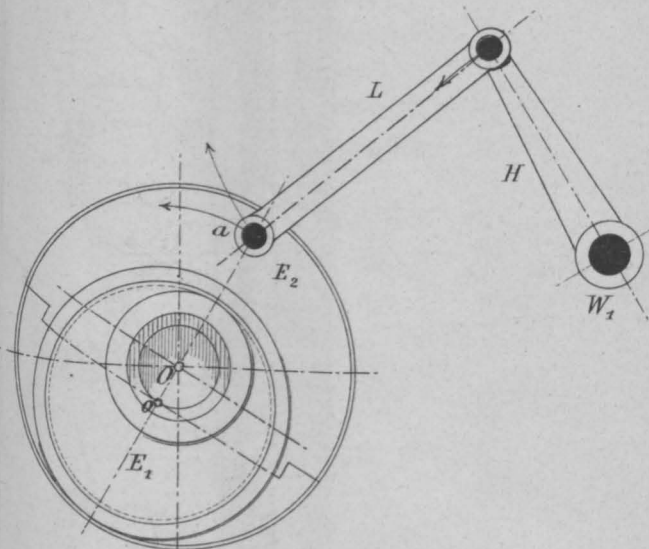


Fig. 65 b.

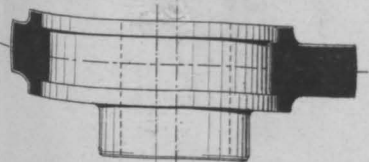


Fig. 69.

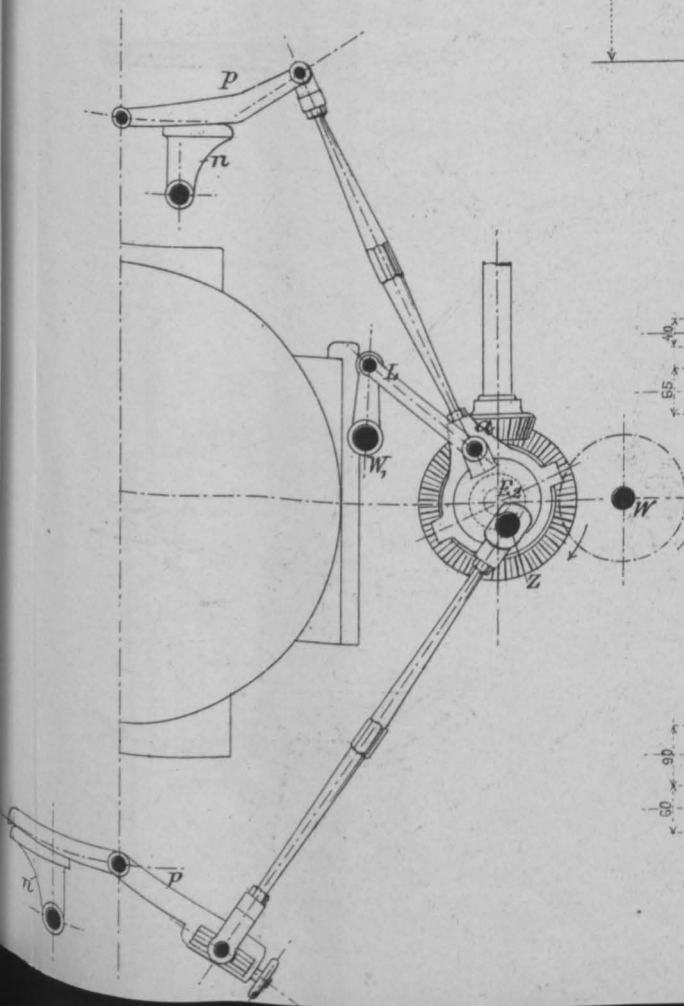


Fig. 71.

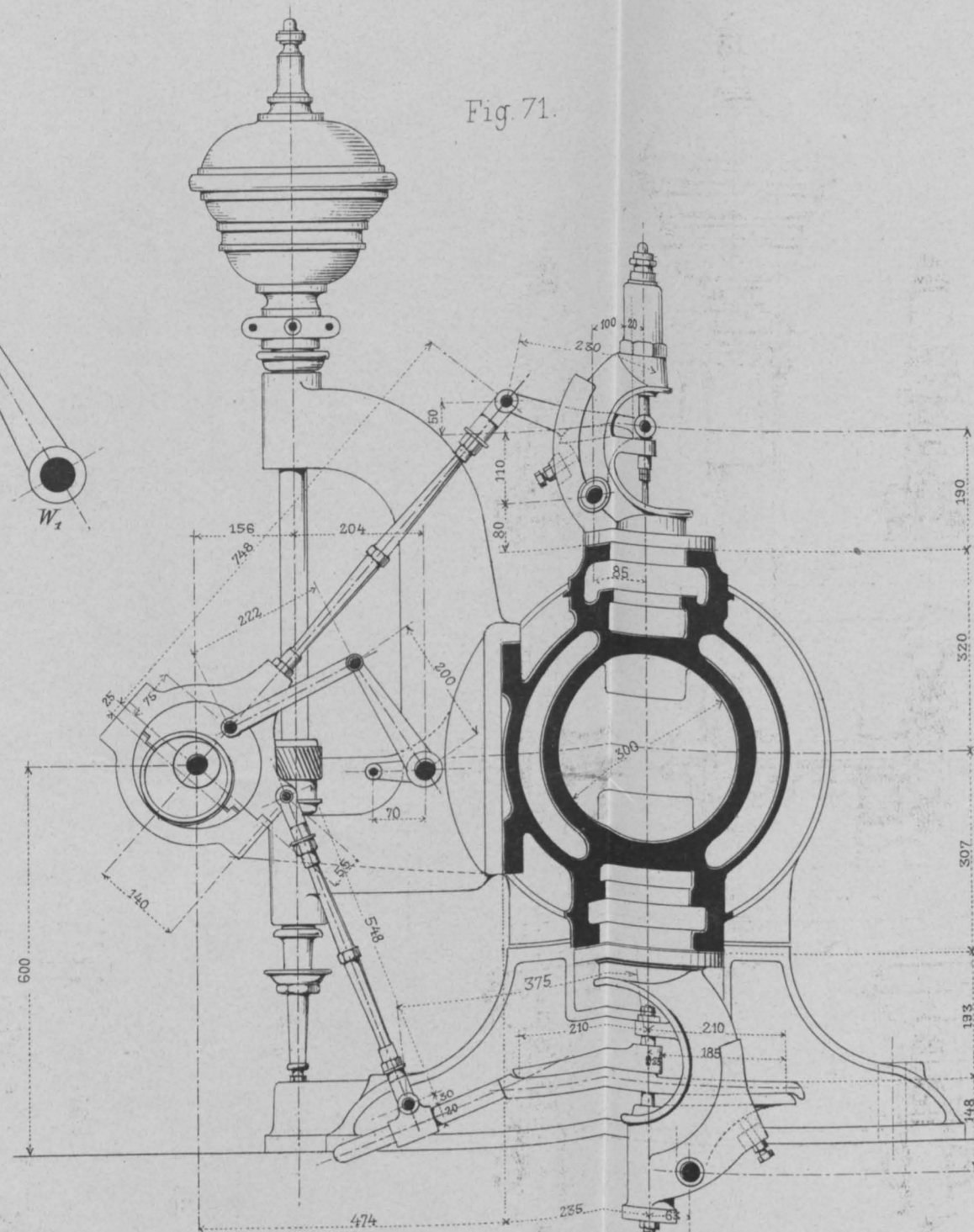


Fig. 72.

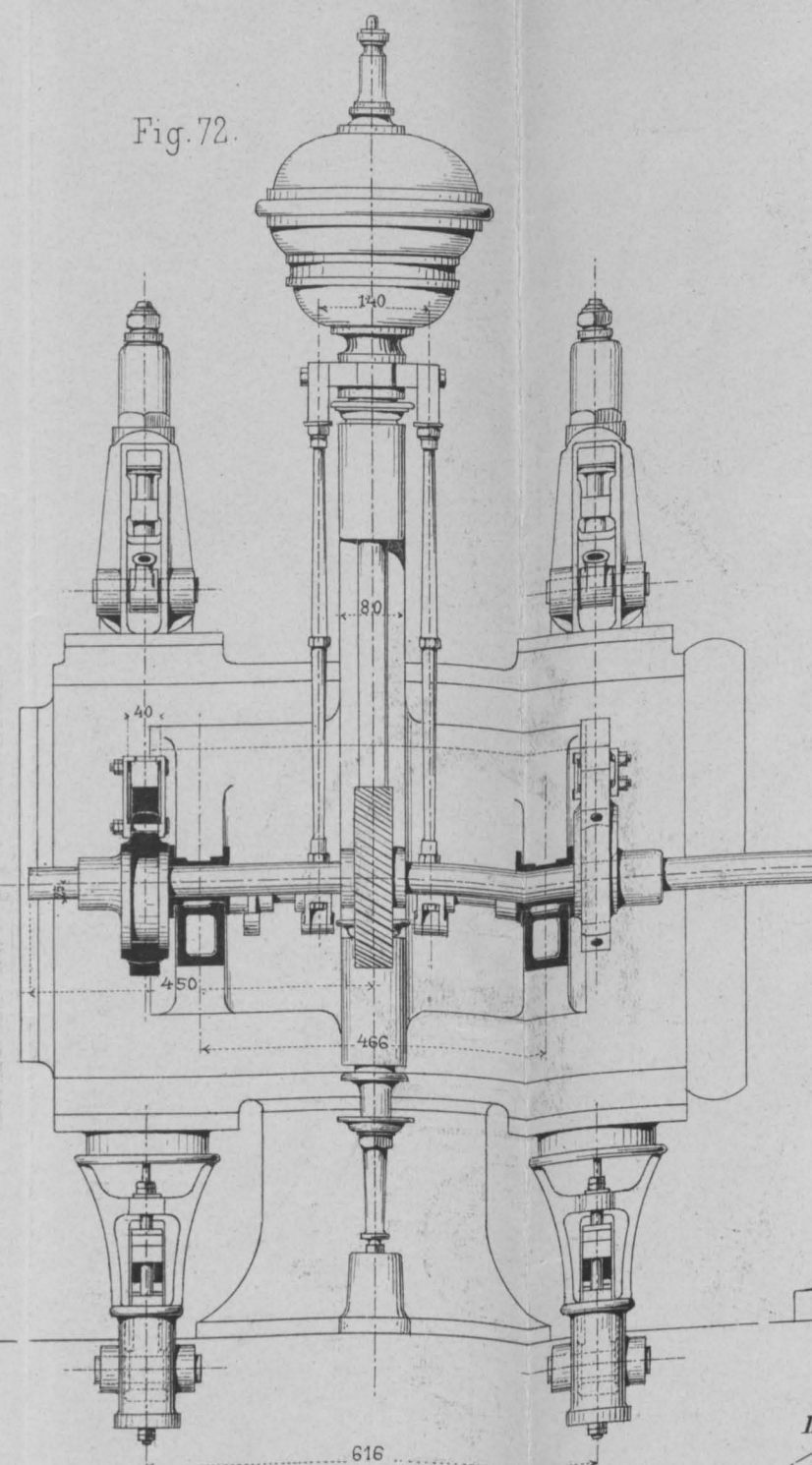


Fig. 70.

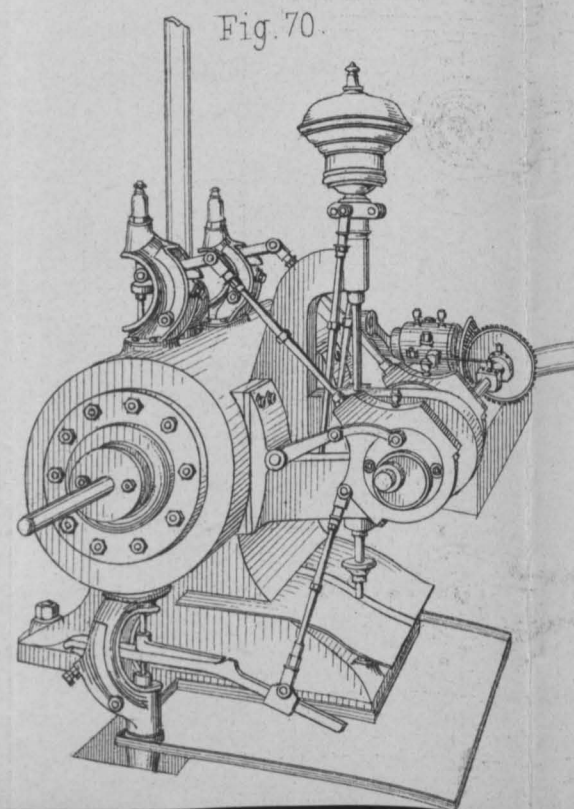


Fig. 67.

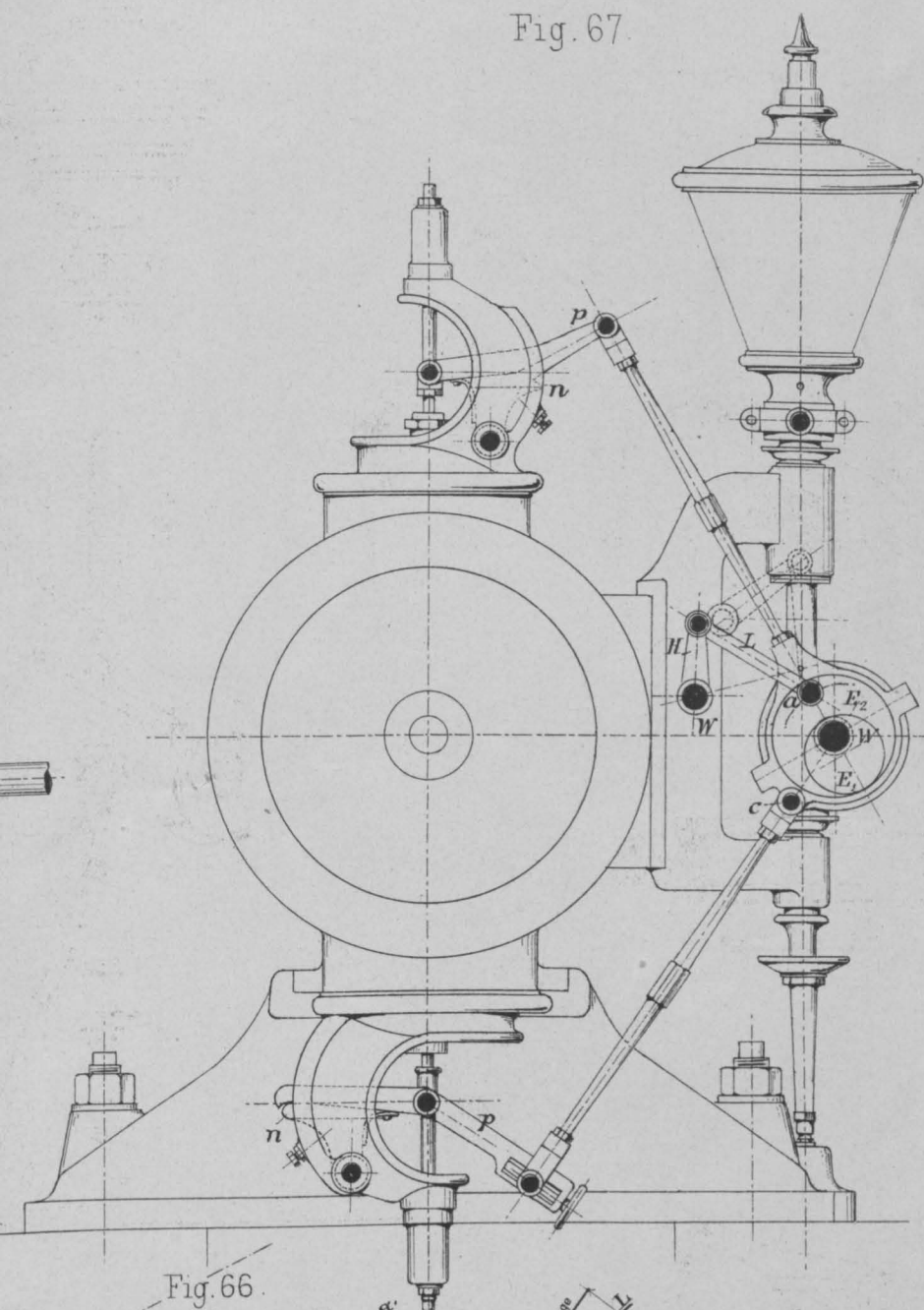


Fig. 66.

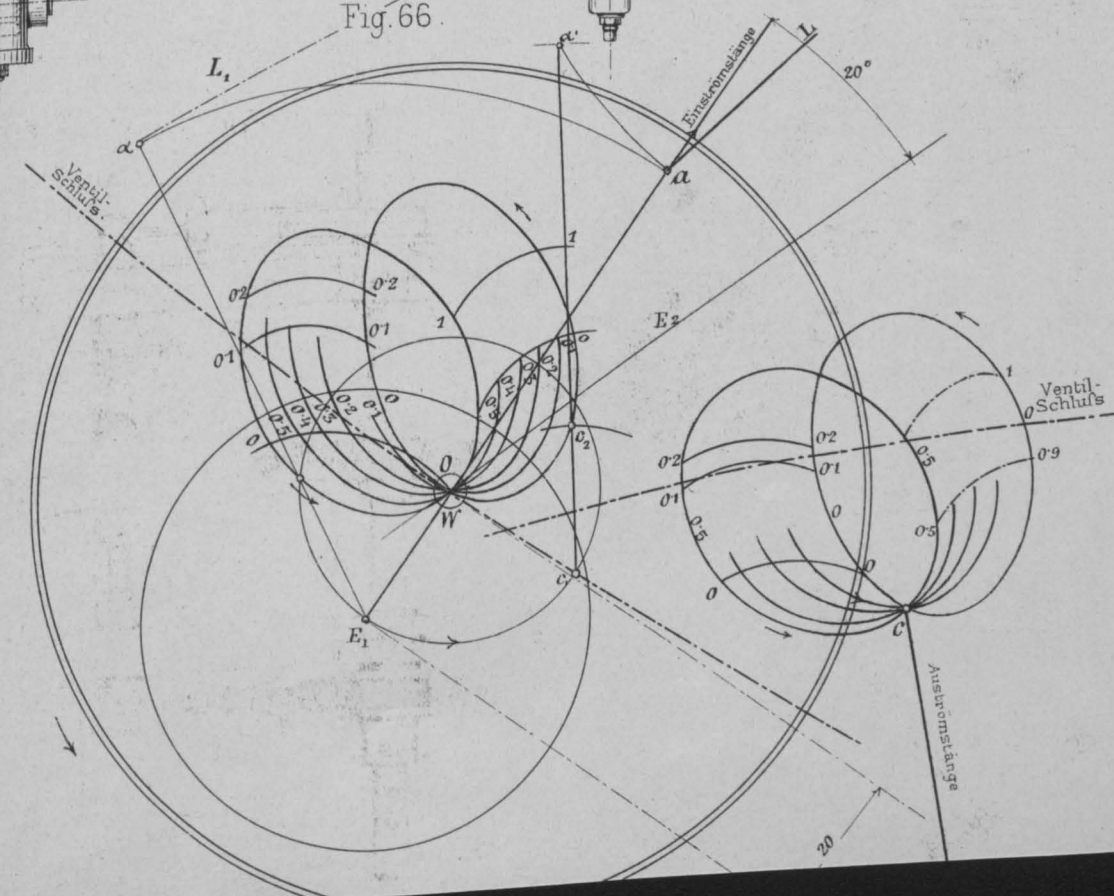
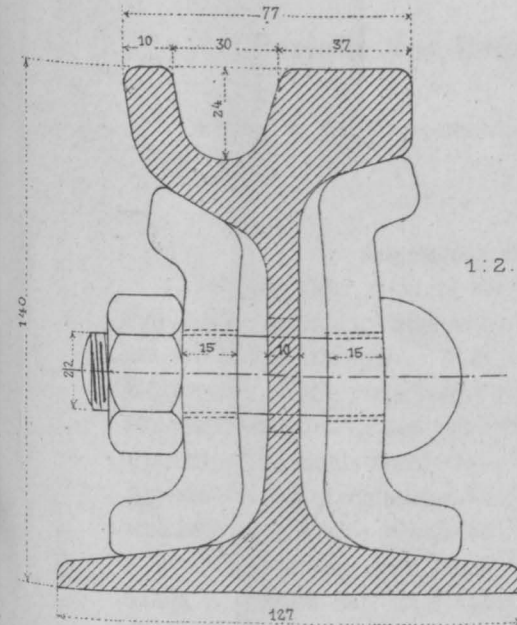




Fig. 1.  
Profil N<sup>o</sup> VII.



1:2.

SYSTEM PHOENIX.

Fig. 2.

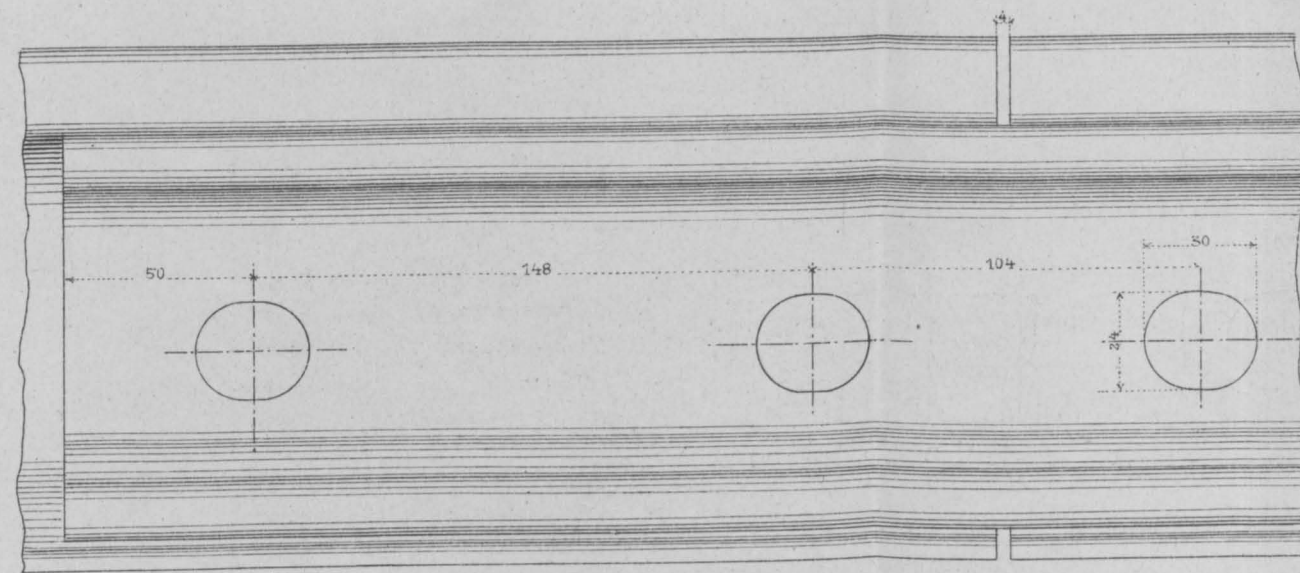


Fig. 3.

Fig. 4.

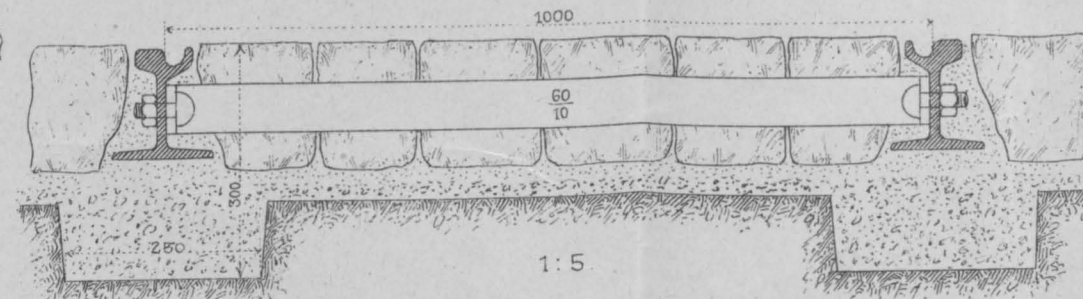
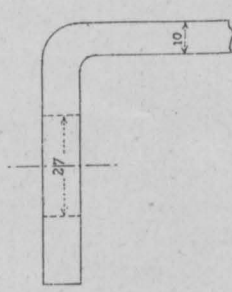
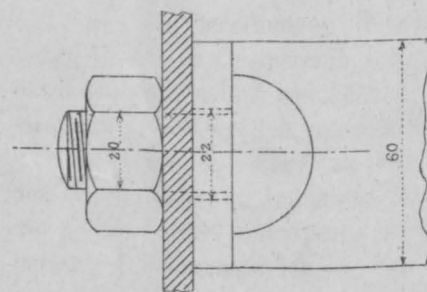


Fig. 5.

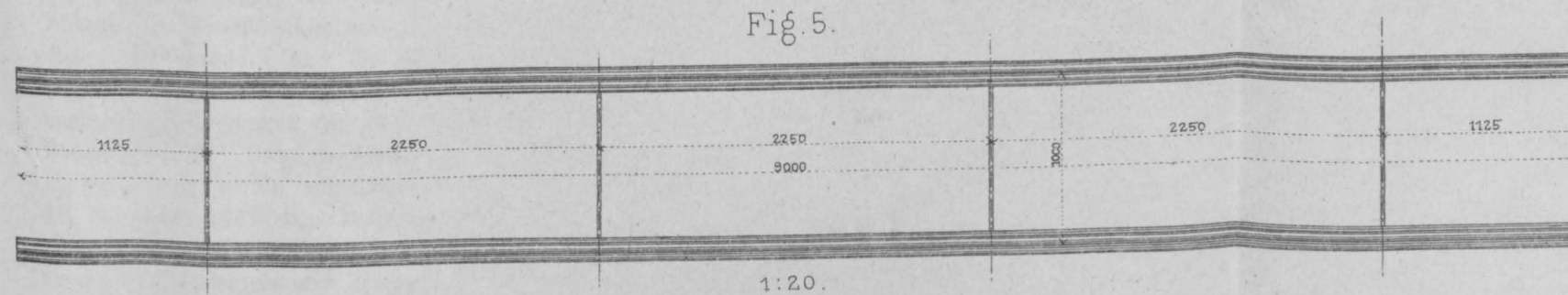


Fig. 9.

1:24.

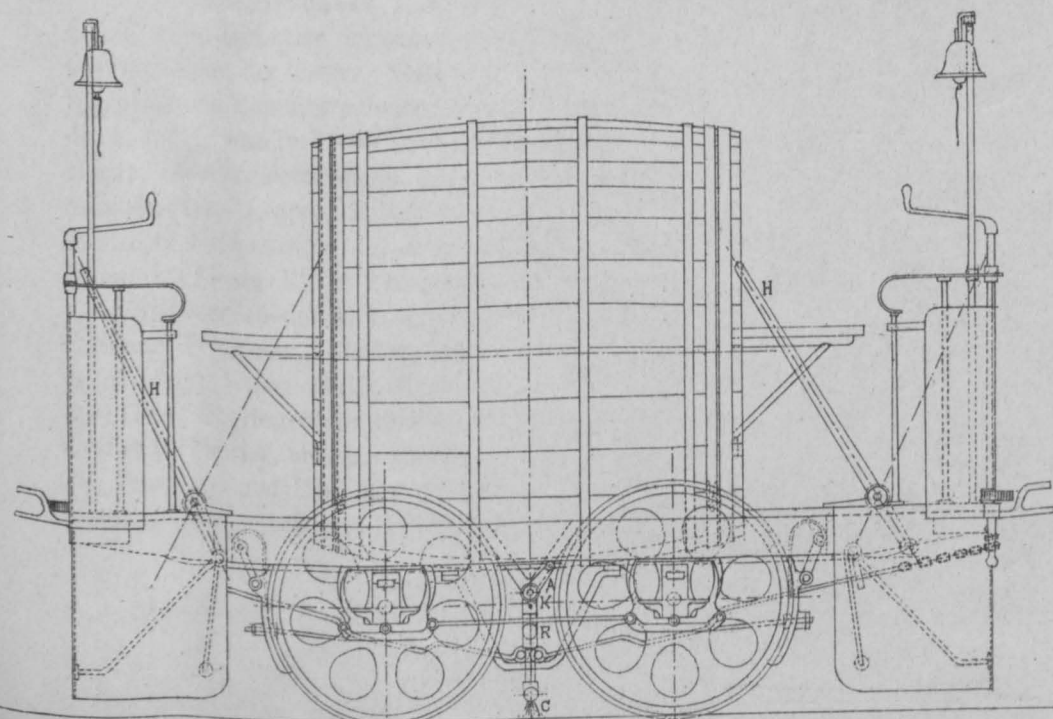


Fig. 10.

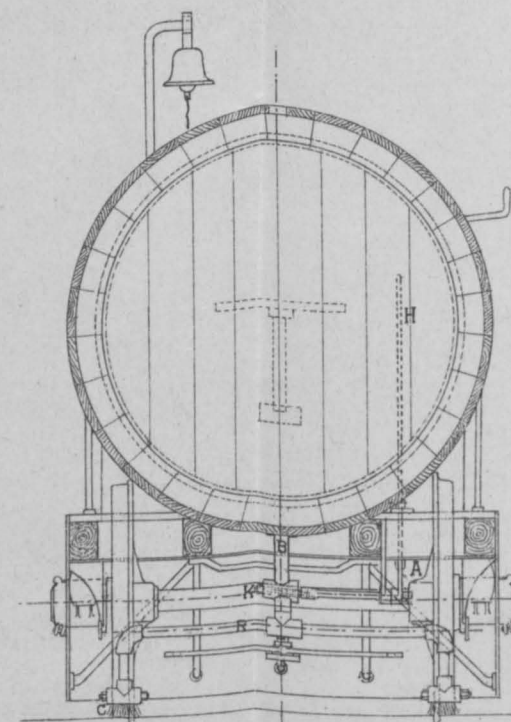
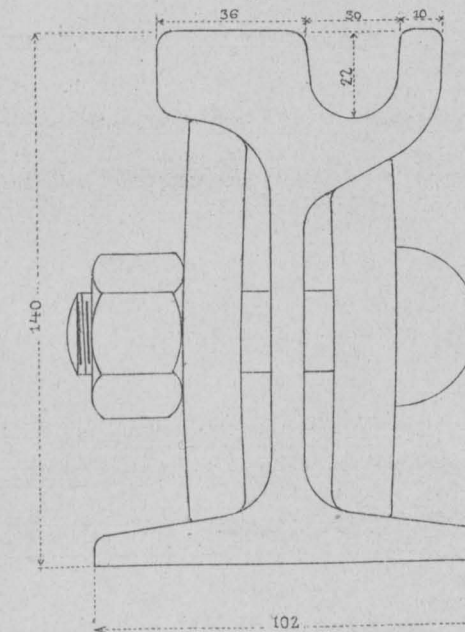


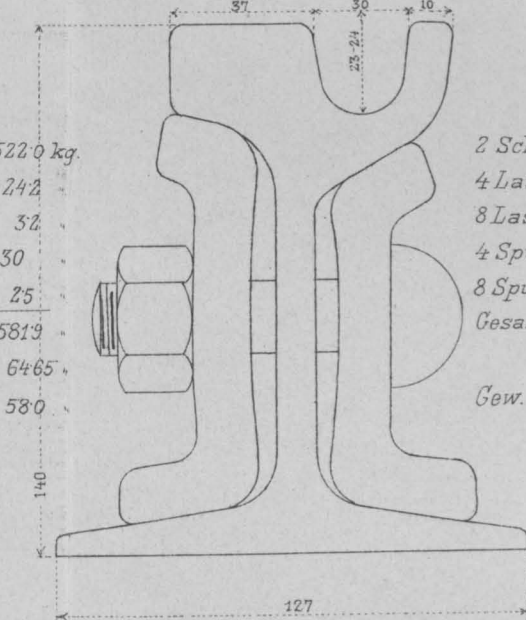
Fig. 6.  
SYST. PHOENIX  
N<sup>o</sup> IV.



Zu 9<sup>m</sup> Geleise gehören:

2 Schienen à 9000 mm	5220 kg.
4 Laschen	242
8 Laschenbolzen	32
4 Spurstangen 60x10	30
8 Spurstangenschrauben	25
Gesamt-Gew. p. 9m. Geleis	5819
" " 1m.	6465
Gew. d. Schienen p. 1m.	580

Fig. 7.  
SYST. PHOENIX.  
N<sup>o</sup> VII.

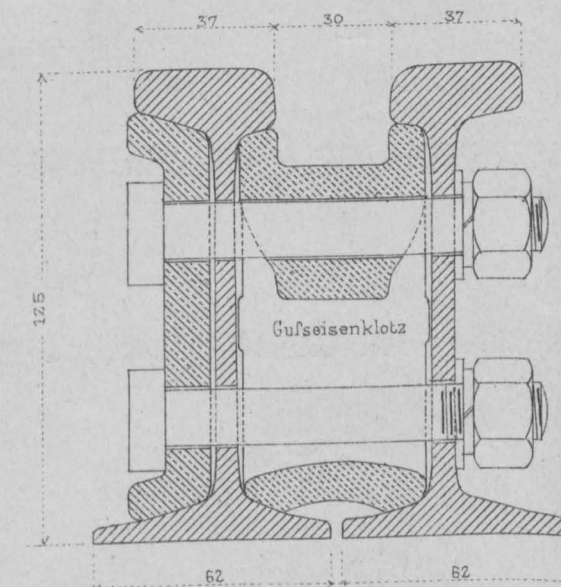


Zu 9<sup>m</sup> Geleise gehören:

2 Schienen à 9000 mm.	6030 kg.
4 Laschen	288
8 Laschenbolzen	3
4 Spurstangen 60x10	30
8 Spurstangenschrauben	25
Gesamt-Gew. p. 9m. Geleis	6673
" " 1m.	7414
Gew. d. Schienen p. 1m.	670

Fig. 12.

Fig. 8.  
SYST. HAARMANN.



Zu 9<sup>m</sup> Geleise gehören:

4 Schienen à 9000 mm	4140 kg.
4 Stoßklötze	84
40 Zwischenklötze	320
48 Schrauben	1152
48 "	1056
8 Unterlegstreifen	12
92 Federringe	03
4 Laschen	124
4 Querverbindungen	220
Gesamt-Gew. p. 9m. Geleis	51238
" " p. 1m.	5693
Gew. d. Schienen p. 1m.	460

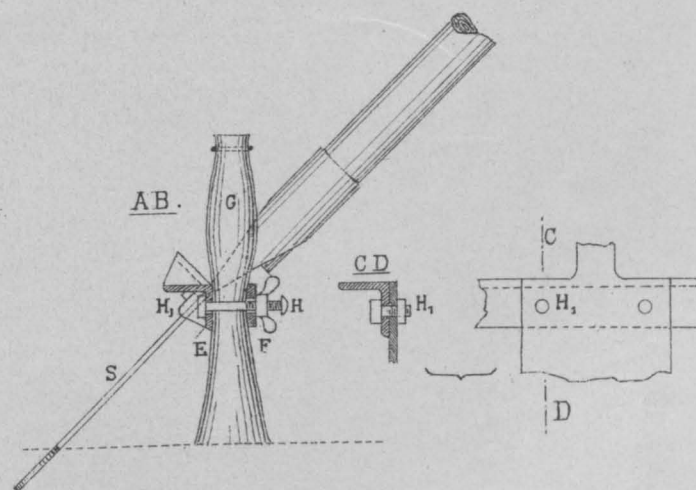


Fig. 13.

1:4.

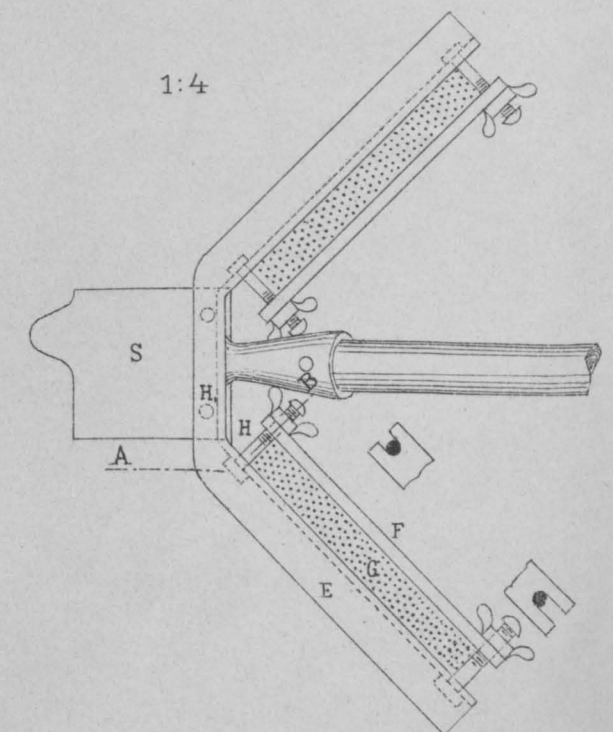


Fig. 11.  
1:24.

